

كتاب

الاصول الوافيه في علم القسموغرافيه

تأليف

حضرة حسن افندي سني

مدرس رياضيه بمدرسة المهندسخانه الخديويه

قررت نظارة المعارف العموميه استعمال هذا الكتاب بالمدارس الاميريه

(حقوق الطبع محفوظة لنظارة المعارف)

(الطبعة الاولى)

بالمطبعة الكبرى الاميريه بيولاو مصر احميه

سنة ١٨٩٠

افرنجيه

كتاب

الاصول الوافية في علم القسموغرافيه

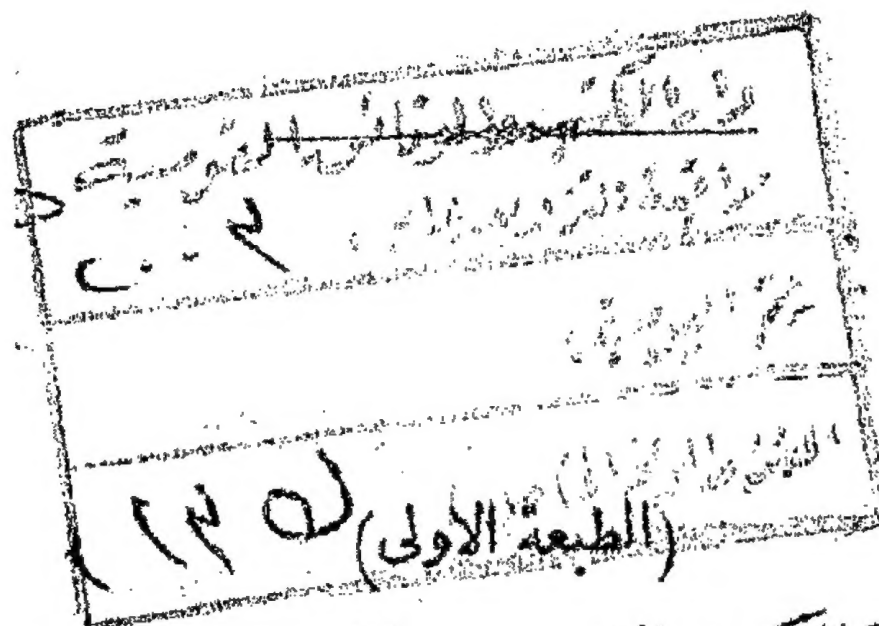
تأليف

حضرة حسن افندي سني

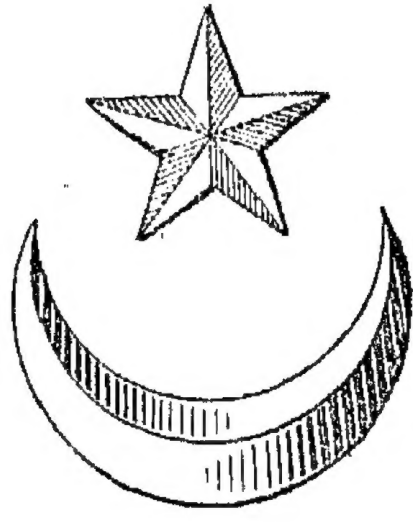
مدرس رياضته بمدرسة المهندسخانه الخديويه

قررت نظارة المعارف العموميه استعمال هذا الكتاب بالمدارس الاميريه

(حقوق الطبع محفوظة لنظارة المعارف)



بالمطبعة الكبرى الاميريه بيولاقي مصر المحمية



(بسم الله الرحمن الرحيم)

لئلا يدبر هذا العالم من معاني الحمد نظام بديع وليس في الامكان ويا مقدّر الليل والنهار من معالي الحمد بناء رفيع ثابت الاركان هما في أفق هذا التأليف مركز الدائرة وفي سماء هذا التصنيف نجومها الزاهرة فسبحانك فاطر السموات بعظيم قدرتك على طبق ما أراه علمك المكنون وبارئ الشمس والقمر بحسبان حكمتك فلا الليل سابق النهار وكل في فلك يسبحون والصلاة والسلام على شرف مراتب الوجود وأوج منازل السعود الذي علا مقامه فوق السماكين حتى كان قاب قوسين وعلى آله وأصحابه نجوم الاهتداء وأدلة الاقتداء (أما بعد) فلما كانت حاجة الناس الى العلوم حجة الورد والصدر ومحجة الجاهدين ليل الظفر فهي داعية طلابها والباعث لراحم طلابها فذكر وقاصر بعد الجدسيان ومقارن ومقارب مع السعي مستويان اذ كل منهما مجتهد وعلى المرء أن يجتهد وان لم يجتهد وكان هذا حكم المتعلمين فهو سار عند المؤلفين والمعلمين اذ بين افرادهما ولا شك تمايز في الغاية فن بالغ أوج المعالي مكانة * ومن باهت قد كل في الافق ناظره

ولكن لا يصلح الاكداء في الشئ معذرة لمن ضربه فان المقل قد يكون سمعاً وان قصر طول بباله فعمله تبعه التقصير كرب الكثير ورب نذر صادق القبول فصادا لحظ وذلك هو ما بعث في روح الامل ودعاني الى تصنيف كتابي هذا في علم نزع عن هذه الديار ريثما جفت أبنائها وان كان لم يزل اليها حنينه ونسبته

كنور الشمس مطمح كل عين * وحاجبها اذا سد لته حاجب

وما على الناظر غير رفع الحاجب وقد مضى حين من الدهر على الامة المصرية وأضواء المعارف دونها حجب موانع وغاشيتها مضلات النفوس حتى طلع فجر الهدى الصادق وأشرقت شمس العلم في أفق عصر من مصر نور التوفيق

فن هدى اهتدى أولاً فلا عجب * أن ليس يدري بسر الذات أسماء
قد هتدى بنجوم الليل ذو بصر * وقد يضل ضياء الشمس عمياء

فكان لجسمها روحاً بعثت فيه حركة الحياة النافعة فنشطت الاعضاء للعمل وعمرت المدارس
وكان من تمام عناية الله أن وفق لصاحب التوفيق رجالاً بهم مهمهم تسنى لسموه أن يجيب صوت
الامة الخافت لاعادة مجدها وارجاع سعدا فلئن كانت الادارة منحت نفحة الرياض فالمعارف
أفقهامبارك الطالع وربها على الهمة يعنيه فلاحها ويهمه نجاحها فهو لها الاب الرحيم
من قبل ومن بعد فهو الوزير الذي دأته المعارف وأقامت ذكره العلوم والعوارف وربته
في مهدها صغيراً وحلته بمجدها كبيراً فهو الآن ومن قبل يوفي ذلك الدين بتشيد بنيانها
وتجديد عزها بعد هوانها والبرهان على انه رجلها الوحيد ما نراه من انتشار أندية العلم
واتساع نطاق المدار في ارجاء القطر وقد عهد لها بأستاذة سمت أفكارهم وأسنداد ارتها
الى رؤساء هم أعلم بواجبها وأحرص الناس على القيام بواجبها وكان ولا شك في مقدمتهم
حضرة العالم العامل الرياضي الشهير احمد ذهني بك ناظر مدرسة المهندسخانه من أجلهم عملاً
وأرقاهم همة وأشدهم مسارعة الى القيام بحقوق البلاد العلمية قد أسندت الى همة
عهدتها فدبرها وأحسن نظامها وادارتها وأكسبها الذكر الحسن والشهرة السامية
وقد أشار على أن أواف كتاباً في القسموغرافيه باللغة العربية يجمع أصول العلم بأسلوب يقرب
تناوله وأنموذج يسهل على الافهام تداوله اذ لم يكن لهذا الفن مع اتساع نطاقه وشدة الحاجة
اليه وعظم منفعته كتاب غير ما ألف باللغات الاجنبية وكنت أنا ممن تدعوه العواطف
الوطنية الى الشروع في تأليف كتاب كهذا بلغة الامة لتنافر أذهان المتعلمين وتجاويزهم عن قبول
المؤلفات الافرنجية لولا ما أعانيه من مشقة التلخيص والتحضير ولست أكبر هذا العناء
في جانب خدمة عهدتي اذ كنت المنوط بتعليم هذا الفن الجليل فلم يبت دعوتي على
اعتراف مني بالقصور لولا عون الامل ودعوة الداعي وخدمة العلم ومنفعة البلاد وبميتته
(الاصول الوافيه في علم القسموغرافيه) ولم أراع في ترتيب أوضاعه وتنسيق اسلوبه
كفاءة طلابه من أبناء المدارس العاليه بل أردت تعميم المنفعة وتعميم الفائدة بوضعه في قالب
يكاد يرفع عن معناه القناع ويعرب عن حقائقه بمجرد الاطلاع فقليل المام في الرياضة كليل
بالوصول الى معناه كيلا يكون على العلم حجاب ولا يعز التحصيل على الطلاب

هذا وحظ العامل أن يمنحه الغير نظر القبول فالنفع متوقف عليه وتمام كل شيء به واليه
وما يكون فيه من خطأ فالانسان مصدره وما لليراع ذنب فيه وهما أنا أتبرأ اليك أيها المطلع من
دعوى الاعتصام من الخطأ والخطل والزلل وأشرع فيما قصدت فأقول والله خير كليل
وهو حسبي ونعم الوكيل

الباب الاول

في السماء

الفصل الاول

الشرق والغرب - الرأسى - سمت - الكرة السماوية -

الزاوية السموية - التيودوليت

١ - منظر القبة السماوية - اذا أراد الانسان النظر الى السماء وكان في محل مكشوف ليس فيه ما يمنع امتداد النظر الى جميع الجهات فان الفراغ غير المحدود الذي تجرى فيه الكواكب كالشمس نهارا والنجوم ليلا يظهر على شكل قبة عظيمة تغطي جميع الافق . فاذا كان هذا الافق فضاء متسعاً وكان هو سطح البحر فالخط الفاصل بينه وبين السماء محيط دائرة يشغل الرأى مركزه

وما يترأى من انخفاض قبة السماء أعنى قربها من رؤسنا عن جهة الافق فهو بسبب توسط الجو الذي لطبقاته كثافة كلية تأخذ في الازدياد كلما انخفض أى مال الشعاع البصرى . والهواء الجوى هو الذى يعطى السماء وهى خالية من السحب اللون الازرق المفتوح وضوء الشمس يجعل هذا اللون صافياً بارئاً فقامدة النهار فتى غاب الشفق وحل الليل صارت زرقة شديدة العمّة ومما يؤيد ذلك أن لونها يكون أكثر حلاكة اذا ارتقى الانسان جبلاً حتى لو أمكن رؤية السماء من نهاية الجبل وجدت سوداء بالكلية

وحينئذ نرى تنال الكواكب ليست الامن وراء حجاب . ولا بد أن نعلم أن جميع الظواهر السماوية تحصل من وراء الغلاف الهوائى ولا يفوتنا أن الارض هى أيضاً كوكب كسائر الكواكب التى تجرى فى السماء

٣ - شروق النجوم وغروبها - اذا انتقل الراصد من مكان الى مكان آخر من سطح الارض تغير أفقه وتغير منظر السماء ولكن هنالك ظاهرة لا تتغير بتغير الافاق وهى شروق النجوم وغروبها وحركتها المشتركة فى القبة السماوية التى مدتها يوم تقريباً

ألا ترى أن الشمس عند ظهورها تأخذ في الارتفاع شيئاً فشيئاً ثم بعد ذلك تأخذ في الانخفاض حتى تختفي في نقطة من الافق مقابلة للنقطة التي ظهرت منها فظهورها يسمى شروقاً واختفاؤها يسمى غروباً وبعد اختفائها يأخذ النور في الضعف شيئاً فشيئاً ويتبع الليل النهار وتظهر السماء مرصعة بجمله نقط مضيئة تسمى نجوماً

وإذا نظرنا إلى هذه النجوم نراها تتحرك في جهة واحدة هي جهة حركة الشمس مدة النهار وتظهر من تلك الجهة التي أشرقت منها الشمس نجوم لم تكن من قبل وتختفي أخرى في الجهة المقابلة لها بمعنى أن النجوم تشرق وترتفع عن الافق ثم تأخذ في الانخفاض حتى تغرب على التعاقب في مدة الليل ويشترك القمر في جميع هذه الظواهر غير أن نقطتي الشروق والغروب لكل نجمة نجمة لا تتغيران في المحل الواحد بخلافهما بالنسبة للشمس والقمر وبعض الكواكب أخرى

٣ - الشرق والغرب - جهة الافق التي تشرق الكواكب منها تسمى شرقاً والجهة المقابلة لها تسمى غرباً

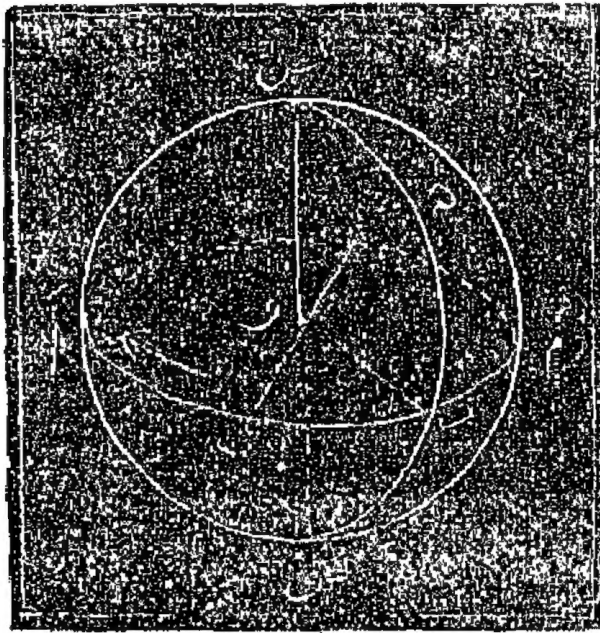
٤ - الرأسى - سمت والنظير - رأسى أى محل هو الاتجاه الذي يأخذه خيط الرصاص في هذا المحل وهذا الاتجاه عمود على سطح المياه الراكد فإذ امتد الرأسى من أعلى فانه يقابل الكرة السماوية في نقطة تسمى سمت الرأس أو السمت فقط وإذا مد إلى أسفل فانه يقابلها أيضاً في نقطة مقابلة للأولى تسمى سمت القدم أو النظير

٥ - الافق الظاهرى - الافق الحقيقى - الافق هو كل مستو عمود على الرأسى فإذا مرتبعتين الراصد يسمى أفقاً حقيقياً والافق الظاهرى هو المحدد لنظر الراصد وأما الافق الرياضى فهو المستوى المماس للكرة الأرضية في نقطة وضع الراصد وهذه المستويات الثلاث تكاد أن تنطبق ومتى أطلقنا الافق فالمراد به الافق الحقيقى فى الغالب

٦ - الكرة السماوية - مستوى أول الرأسيات - تتوهم كرة نصف قطرها غير محدود ومركزها منطبق على مركز الأرض وإلى هذه الكرة المتوهممة التي نسميها بالكرة السماوية تنسب أوضاع الكواكب وحركاتها وبسبب صغر نصف قطر الأرض بمقارنته بإبعاد الكواكب المذكورة عنا كما يتضح فيما سياتى يمكن أن يفرض أن مركز الكرة السماوية هو عين الراصد أو هو مركز الأرض بمعنى أن الأشعة البصرية الممدودة من مركز الكرة السماوية أو من عين الراصد أو من مركز الكرة الأرضية تقابل جميعها الكرة السماوية في نقطة واحدة ولكن هذا الأمر لا يتأتى بالنسبة للشمس والقمر ولكل سيار وبالجملة لا يجرم سماوى لا يمكن اعتبار بعده عنا غير محدود بالنسبة لإبعاد الأرض

والافق هو دائرة عظيمة من الكرة السماوية قطباها هما طرفا الرأسى أعنى السمى والنظير
وكل مستويعرّ بالرأسى يكون عمودا على الافق ومستوى أول الرأسيات هو الذى يعتبر مبدءاً
لقياس الزوايا التى تكونها المستويات الرأسية فيما بينها أو التى تكونها آثارها على الافق
واعتبار هذه الزوايا رافع فى تعيين الوضع الذى تشغله نجمة ما على الكرة السماوية فى لحظة
معينة

٧ - الزاوية السمّية - الارتفاع - البعد السمّى - الزاوية السمّية هى
الزاوية الكائنة بين مستوى أول الرأسيات وأى مستور رأسى آخر وليكن α مستوى



ش ١

الافق (شكل ١) فوضع نجمة ما مثل δ يكون
معينا تعيينا تاما اذا علم سمت المستوى الرأسى المشتمل
على هذه النجمة أعنى الزاوية β و γ التى يصنعها
هذا المستوى الرأسى مع مستوى أول الرأسيات
وعلم القوس δ الذى يقدر بعدها الزاوى عن
السمت المسمى بعدها السمّى أو علم القوس γ β
الذى يقدر بعدها الزاوى عن الافق المسمى ارتفاعها

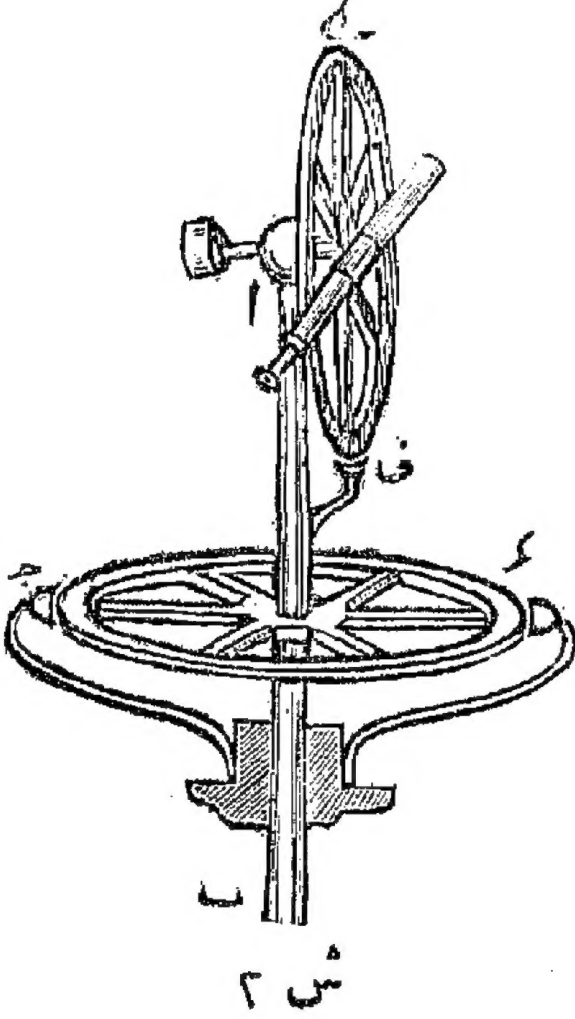
والبعد السمّى والارتفاع لنقطة واحدة حيثما اتفق من القبة السماوية هما قوسان متماثلان
لبعضهما لان السمى والافق متباعداً بقدر 90°

وتحسب الزوايا السمّية بالابتداء من مستوى أول الرأسيات من 0° الى 90° وأما الابعاد
السمّية فن 0° الى 180° والارتفاعات من 0° الى 90° وتكون موجبة اذا كانت فوق
الافق وسالبة اذا كانت تحته

وسياتى بيان النقطة من الافق التى يمر بها مستوى أول الرأسيات وهى المجمولة مبدءاً للاقواس
التي تقدر الزوايا السمّية

٨ - السيودوليت - قياس الزوايا السمّية والابعاد السمّية - السيودوليت هو
الآلة المستعملة لقياس الزوايا السمّية والابعاد السمّية المسماة بالاحداثيات السمّية وهو
يتركب من دائرتين مدرجتين احدهما ϵ ف رأسية وتتحرك حول محورها أفقى وتحمل
نظارة تتحرك كذلك فى مستويها وعلى حافة هذه الدائرة يقاس البعد السمّى لاي نجمة
وأما الدائرة الأخرى δ فهى أفقية وتحمل عضادة تتحرك حول مركزها وتقاسم هذه
الدائرة تستعمل لقياس الزوايا السمّية

والمحور الأفقي الذي تتحرك حوله الدائرة الرأسية محمول على محور رأسي AB قائم في مركز الدائرة الأفقية CD تتحرك الدائرة الرأسية حوله بحيث يمكن وضع مستويها في مستوي رأسي حيثما اتفق وتتبع العضادة هذه الحركة ووضعها في كل لحظة يدل على الزاوية السموية للدائرة الرأسية متى كانت الآلة موطنة بحيث يكون صفر تقاسيم الدائرة CD منطبقا على نقطة الأفق التي يقطعها فيها مستوى أول الرأسيات وبواسطة المسامير المقلوطة الموجودة في كرسى الآلة مع الموازين ذات القفيعة الهوائية يجعل المحور AB رأسيا بالضبط وبالتبعية له يصير المحور الآخر أفقيا بالضبط و (شكل ٢) يبين رسم التيودوليت مختصرا



الفصل الثاني

الحركة اليومية - محور العالم - مستوى الزوال - البعد السمتي للقطب -
الآلة الاعتدالية

٩ - قوانين الحركة اليومية - اذا جعلنا الشرق عن يميننا والغرب عن يسارنا ونظرنا الى جزء السماء الذي أمامنا فانا نجد نجوما لا تغرب وترسم فوق الأفق منحنيات مقفلة تسكد أن تكون مستديرة واحدى هذه النجوم تظهر غير متحركة في السماء والنجوم المجاورة لها ترسم حولها منحنيات صغيرة والبعيدة عنها ترسم منحنيات كبيرة وكذلك نجد نجوما تغرب في الغرب لتظهر ثانيا في الشرق بعد مسافة زمنية ويتبين للرائي أن الكرة السماوية ومعها جميع الكواكب تدور من الشرق الى الغرب حول مستقيم ما ربعينه وبالقرب من النجمة الثابتة وهذه الحركة الظاهرية هي ما تسمى بالحركة اليومية وهي تابعة لقوانين مخصوصة نذكرها فنقول

القانون الاول - المنحنيات أو خطوط السير التي ترسمها النجوم على الكرة السماوية هي أقواس من دوائر متوازية ذات قطب واحد ونقطة من هذه الكرة السماوية غير متغيرة

القانون الثانى - كل نجمة ترسم موازيتها بحركة منتظمة وجميع النجوم على اختلاف أبعادها عن القطب تقطع محيطات موازياتها بتمامها فى مدة واحدة ويسهل تحقيق صحة هذين القانونين بواسطة التيودوليت بأن تؤخذ نجمة معينة ومن وقت الى وقت فى أثناء ليلة واحدة تقاس أبعادها السمتية وزواياها السمتية المطابقة لهذه الأبعاد السمتية فكل جلة من القياسات تعين نقطة من خط السير ولتكن \odot و \odot و \odot و \odot ... (شكل ٣) أوضاع النجمة على كرة صناعية دائرتها العظيمة AA' هى أفق المحل وليكن $وس$ هو الرأسى فاذا أمر بثلاث من النقاط المنحولة المذكورة محيط دائرة يرى أن هذا المحيط يمر بالنقط الأخرى

ويتحقق أيضاً أن الأقواس $\odot \odot$ و $\odot \odot$... ذات أطوال مناسبة للمسافات الزمنية الفاصلة للأرصاء المتعاقبة أعنى مناسبة للزمن التى استعملتها النجمة فى قطع تلك الأقواس

وإذا أجرى هذا العمل لجملة نجوم أخرى سهل التحقق من كون جميع محيطات الدوائر التى ترسمها النجوم ذات قطب واحد

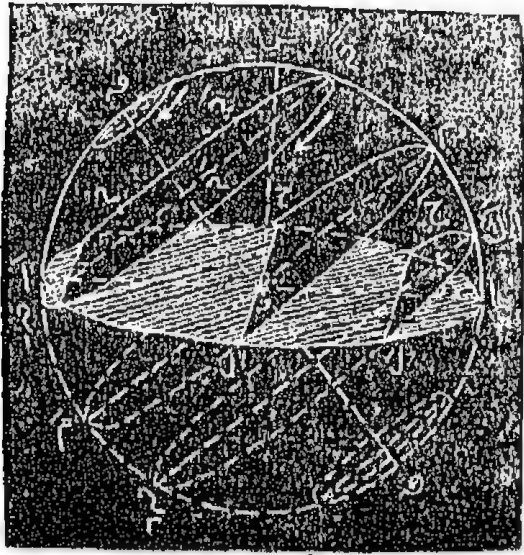
١٠ - محور العالم - القطبان السماويان - ينتج من القانونين السابقين ان الحركة اليومية ترى كأن السماء بأكملها تدور كأنها قطعة واحدة من الشرق الى الغرب بسرعة منتظمة حول خط ثابت يتغير ميله على الأفق اذا غير المحل الجارى فيه الرصد (اذا تغير العرض الجغرافى) ويلاقى الكرة السماوية فى نقطتين متقابلتين على قطر واحد غير متغيرتين (١) وهذا الخط هو ما يسمى محور العالم والنقطتان اللتان يلاقى الكرة السماوية فيهما تسميان بالقطبين السماويين اللذين لا يظهر فوق أى أفق الأحدهما

وهذه الحركة ليست الا حركة ظاهرية والحقيقة ان الأرض هى التى تتحرك حركة منتظمة دورانية (رحوية) مدتها الثابتة يوم نجمى وهذه الحركة حاصلة فى جهة مضادة لجهة الحركة اليومية أعنى من الغرب الى الشرق ومحور العالم ما هو المحور ودوران الأرض ممتدا حتى يلاقى سطح الكرة السماوية

١١ - خطوط سير النجوم - الموازيات - دائرة المعدل - تتكلم الآن على الأحوال التى تتميز بها الحركة اليومية على أفق معلوم فنقول

(١) عدم التغير الذى ذكرناه هو ظاهرى لا ناسئزى فيما سأتق أن اتجاه محور العالم يتغير بتوالى الأزمنة ولكن ببطء عظيم يسوغ اعتبار القطبين السماويين نقطتين ثابتتين

لما كان المحور الخاص له تحوله الحركة مائلا على وجه العموم على افق الراصد تكون خطوط



ش ٣

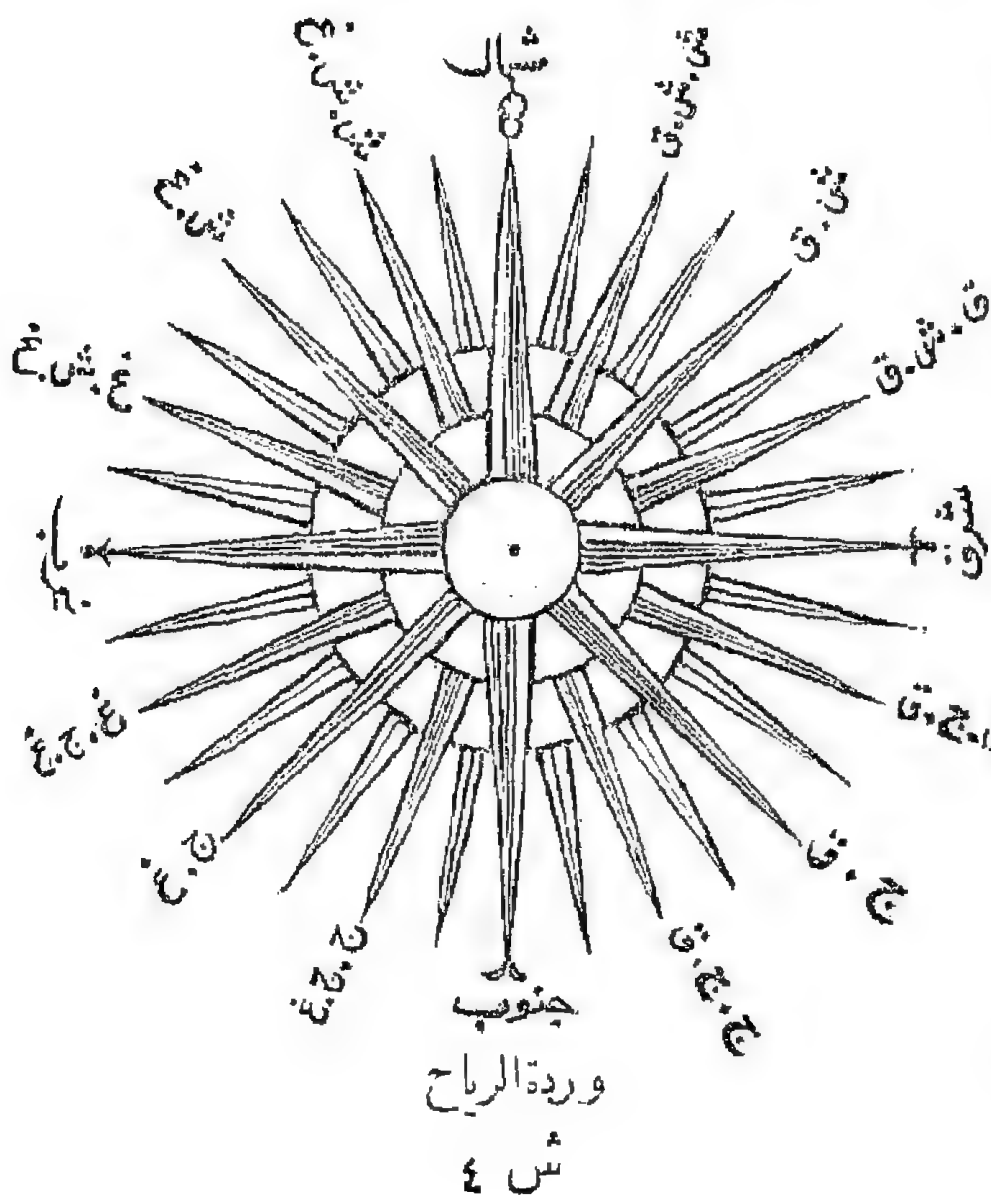
السير التي ترسمها النجوم موجودة في مستويات عمودية على المحور المذكور وبناء على ذلك تكون متوازية غير أن أنصاف أقطارها ليست متساوية كما يتبين من (شكل ٣) ويرى انه كلما كانت النجمة قريبة من القطب كان نصف قطر المحيط الذي ترسمه صغيرا وكانت حركتها بطيئة مع ان السرعة الزاوية لجميع النجوم واحدة كما ذكرنا فيما سبق والنجمة الموجودة في القطب نفسه تكون غير متحركة

وأما النجوم البعيدة عنه بقدر 90° فانها ترسم محيط دائرة عظيمة من الكرة هو ع م ل وخطوط سير النجوم ليست دوائر غير متساوية فقط بل الافق يقطعها الى قسمين غير متساويين بحيث ان الزمن الذي يمضي بين لحظة شروقها ولحظة غروبها يتغير من واحدة الى أخرى فبالنسبة لجميع النجوم التي على بعد من القطب أقل من 90° تكون مدة ظهورها أو وجودها فوق الافق أكبر دائما من مدة وجودها تحته أعني من المدة التي تكون غير منظورة فيها وتوجد بجملة النجوم مجاورة للقطب تبقى الموازيات التي ترسمها فوق الافق بأكملها فتكون على الدوام منظورة ولا شروق ولا غروب لها ولا تختفي عن العين الا متى غلب نور النهار ضوءها وتسمى أبدية الظهور

والموازي م م' الممدود على بعد 90° من أحد القطبين يقسمه الافق الى قسمين متساويين وهذا الموازي هو دائرة المعدل وبعد هذا الموازي مع التباعد عن القطب تأخذ أجزاء خطوط سير النجوم الموضوعة فوق الافق في النقص شيئا فشيئا وترداد مدة غروب النجوم شيئا فشيئا حتى انه في الجزء الغير منظور من الكرة السماوية توجد نجوم لا تظهر فوق افق المحل البتة

١٣ - المتوسط - مستوى الزوال - اذا أمرت بالرأسى أو بالسمت وبمحور العالم مستويا فان هذا المستوى يكون رأسيا وله خاصية مهمة وهي أنه يقسم الكرة السماوية الى قسمين متساويين بالنسبة للاقواس اليومية المرسومة بالنجوم وأجزاء هذه الاقواس الموجودة فوق الافق يقسمها هذا المستوى الى جزأين متساويين بسبب انتظام الحركة اليومية وتقطع النجمة هذين النصفين في زمنين متساويين وحينما تصل نقطة منتصف خط سيرها تصل الى أعظم ارتفاع لها وتسمى رأس خط السير هذه نقطة المتوسط . والمتوسط هو محور النجمة بالمستوى المذكور المسمى مستوى الزوال وأثره على مستوى الافق يسمى خط الزوال

١٣ - النقط الأصلية - وردة الرياح - عدم تغير مستوى الزوال الناشئ عن عدم تغير محور العالم جعله صالحا لآن يجعل مبدأ تعدد منه الزوايا السمتية فهو مستوى أول الرأسيات ونمحيات ما خط تقاطعه بمستوى الأفق أى طرفا خط الزوال هما الجنوب والشمال وتوجد نقطة الشمال في الجهة التي يجب أن يتجه اليها الراصد لمشاهدة القطب الشمالى السماوى والمستوى الرأسى العمودى على مستوى الزوال يعين بتقاطعه مع الأفق نقطتين هما الشرق والغرب



وهذه الجهات الأربع وهى الشمال والشرق والجنوب والغرب تسمى النقط الأربعة الأصلية ولهذه الجهات الأربع تنسب جميع الاتجاهات المتوسطة فإذا انصفت الزوايا الأربع الواقعة بين خط الزوال والعمودى عليه تحصل النقط المتوسطة بين النقط الأصلية وهى الشمال الشرقى والشمال الغربى والجنوب الشرقى والجنوب الغربى وبقسمة كل من هذه الزوايا إلى قسمين متساويين يحصل على ٣٢ اتجاهها تسمى وردة الرياح (شكل ٤)

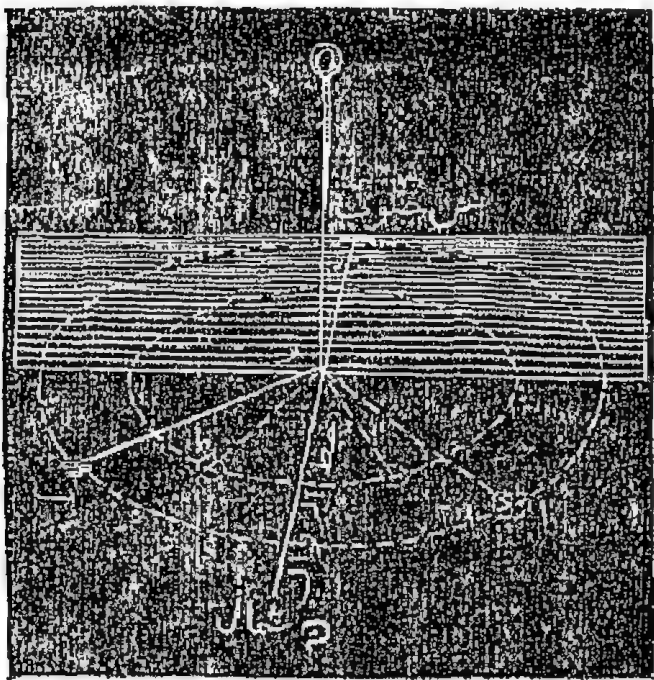
١٤ - تعيين مستوى الزوال - طريقة الارتفاعات المتطابقة - يستعمل لذلك اليهود وليت بالطريقة المعروفة بطريقة الارتفاعات المتطابقة وذلك أن من المعلوم أن مستوى الزوال يقسم القوس المرسوم بنجمة فيمابين لحظة شروقها ولحظة غروبها إلى قسمين متساويين وحينئذ ترصد نجمة بنظارة اليهود وليت بعد شروقها ووصولها إلى ارتفاع موافق وتعلم النقطة التي تقف عليها أعضاء دائرة السموت ثم بعد أن تثبت النظارة على ما هي عليه من مياها على الدائرة الرأسية يدار الجزء العلوى من الآلة في جهة الحركة اليومية حول المحور الرأسى حتى يتيسر بعد مسافة زمنية كافية رؤية النجمة من جديد في بورة النظارة وفي هذه اللحظة يكون للنجمة ارتفاع مساو للذى كان لها في لحظة الرصد الأول ثم يعلم سمت الدائرة الرأسية في هذا الوضع أيضا فإذا رسم منتصف الزاوية المحصورة بين القراءتين أى منتصف الزاوية التي دارت بها الدائرة الرأسية أو قرئ على الحافة القسم الذى يبين منتصف القوس المحصور بين

العلامتين وجعلت العضادة على هذا القسم كانت الدائرة الرأسية في مستوى الزوال وتعين وضع خط الزوال بالضبط

١٥ - تعيين مستوى الزوال بطريقة الظلال المتساوية - يمكن التحصل بالتقريب على وضع خط الزوال بطريقة الظلال المتساوية

وذلك ان الشمس ولو أنها تشترك مع سائر النجوم في الحركة اليومية ولكنها لا ترسم موازياً فيما بين شروقها وغروبها لان بعد مركزها عن القطب يتغير في مسافة يوم كما ستري ذلك فيما سيأتي ولكن في وقتين من السنة (نحو المنقلابين) يكون هذا التغير قليلاً بحيث يمكن اهماله وحينئذ فالعملية هي

أن يغرس ساق من الخشب أو من المعدن منته بصفيحة معدنية مثقوبة من وسطها غرساً رأسياً بواسطة خيط الرصاص في مستواً أفقياً يتعين بواسطة ميزان ماء بالاعتناء التام ثم ترسم بجهة محيطات دوائر مركزها موقع الشاخص وانصاف أقطارها مختلفة ثم قبل الظهر بساعة أو ساعتين تعلم نهاية ظل الشاخص وهي أ (شكل ٥) وبمجرد قرب لحظة الظهر ينقص



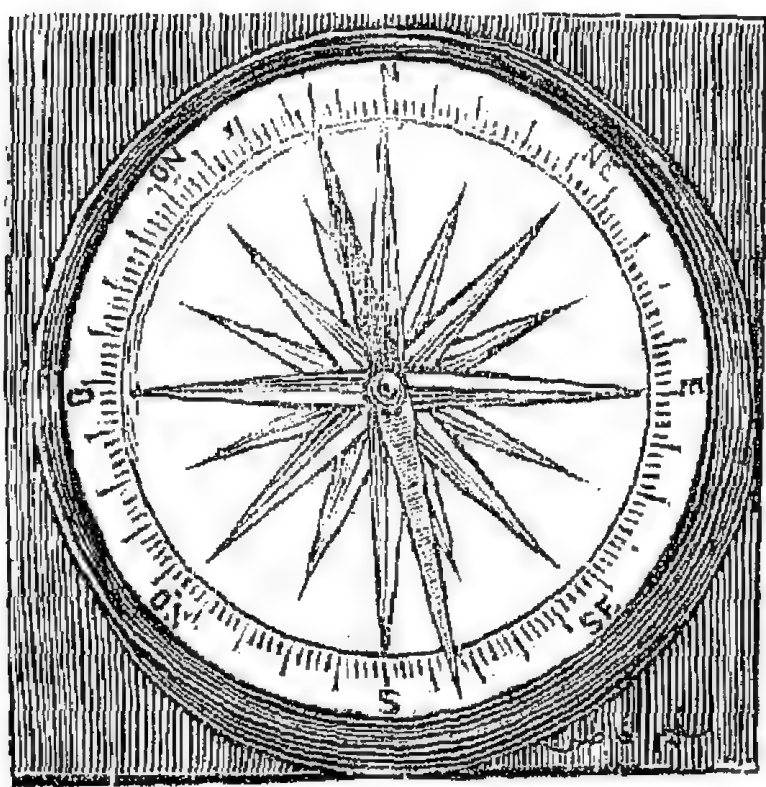
ش ٥

طول الظل ويتغير اتجاهه شيئاً فشيئاً ثم بعد ذلك يأخذ في الزيادة ويمر بجميع المقادير التي كانت له وينتظر الى أن يأخذ الطول الذي كان له في لحظة الرصد الاول وتعلم نقطة ب التي ينتهي اليها الظل وقتئذ فالنقطتان أ و ب توجدان ضرورة على أحد المحيطات التي سبق رسمها أو على واحد مثلها وحينئذ اذا انصفت الزاوية أوب فالمنصف س ه يكون هو خط زوال المحل الجاري فيه الرصد

لانه لاجل أن تتساوى الظلال يجب ان توجد الشمس ضرورة في اللغظتين الحاصل فيهما الرصد على ارتفاع واحد فوق الافق وبواسطة الدوائر التي سبق رسمها يمكن تحقيق العملية بقدر ما يراد

١٦ - استعمال البوصلة - ويمكن كذلك تعيين خط الزوال اذا علم الانحراف المغناطيسي للمحل الجاري فيه الرصد أعني الزاوية التي يصنعها هذا الخط مع اتجاه ابرة ممغنطة مرتكزة على حامل تدور في مستواً أفقياً وهذه الطريقة ضرورية لانه غير ممكن في كل الاوقات رصد الشمس والنجوم بسبب الضباب أو السحب

والآلة المستعملة لذلك هي بوصلة الانحراف (شكل ٦) واتجاه الابرة المغطسة ليس هو اتجاه



ش ٦

خط الزوال بالضبط بل ان الزاوية التي يصنعها معه معلومة بالنسبة لكل محل ومنها يستخرج اتجاه خط الزوال وفي مصر توجه الابرة المغطسة بقدر ٥ تقريباً نحو الغرب وحينئذ يجب تدوير الآلة الى أن تصير في هذا الاتجاه فالخط المكتوب عليه شمال جنوب يكون هو اتجاه خط زوال المحل

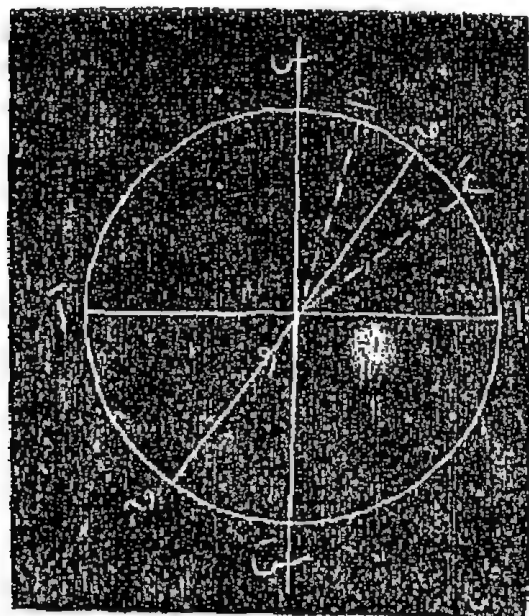
وحيث ان الانحراف يتغير من بلد الى آخر كما يتغير من سنة الى أخرى في المحل الواحد

فالملاحون يستعملون جداول تدلهم على مقدار هذا التغير لجميع البحار التي يسفرون فيها

١٧ - قياس البعد السمتي للقطب - بسبب الحركة اليومية تمر كل نجمة بمستوى الزوال مرتين في مدة يوم نجمي ولكن هذان المروران لا يحصلان معافوق الافق الا بالنسبة للنجوم الابدية الظهور وفي هذه الحالة يتميز المرور العلوي الذي يحصل حينئذ توسط النجمة عن المرور السفلي الذي فيه يكون ارتفاعها فوق الافق في نهايته الصغرى وأما النجوم التي لها شروق وغروب فلا يرى لها سوى مرور واحد لحصول المرور الآخر تحت الافق

ومن البديهي ان المرورين العلوي والسفلي لنجمة أبدية الظهور هما على بعد زاوى واحد عن القطب ورصد هذين المرورين يوصل الى قياس ارتفاع القطب فوق الافق أو بعده السمتي بعد تخطيط خط زوال المحل من قبل

ولذا يستعمل التيودوليت بأن تجعل دائرته الرأسية في مستوى الزوال ثم ينظر الى نجمة في لحظة



ش ٧

مرورها العلوى أى حينئذ نقطة تقاطع شعرتي النظارة ويعين بعدها السمتي في هذه اللحظة وليكن و (شكل ٧) هو اتجاه النظارة ثم ينظر اليها مرة أخرى في مرورها السفلي الذي يحصل بعد مرورها العلوى بنصف يوم نجمي وليكن و' هو اتجاه النظارة في الوضع الثانى ويعين بعدها السمتي في هذه اللحظة أيضاً وحينئذ يعلم البعدان السمتيان س و س' أو متماهما س أ و س' أ اللذان هما الارتفاعان

ويحصل بداهة

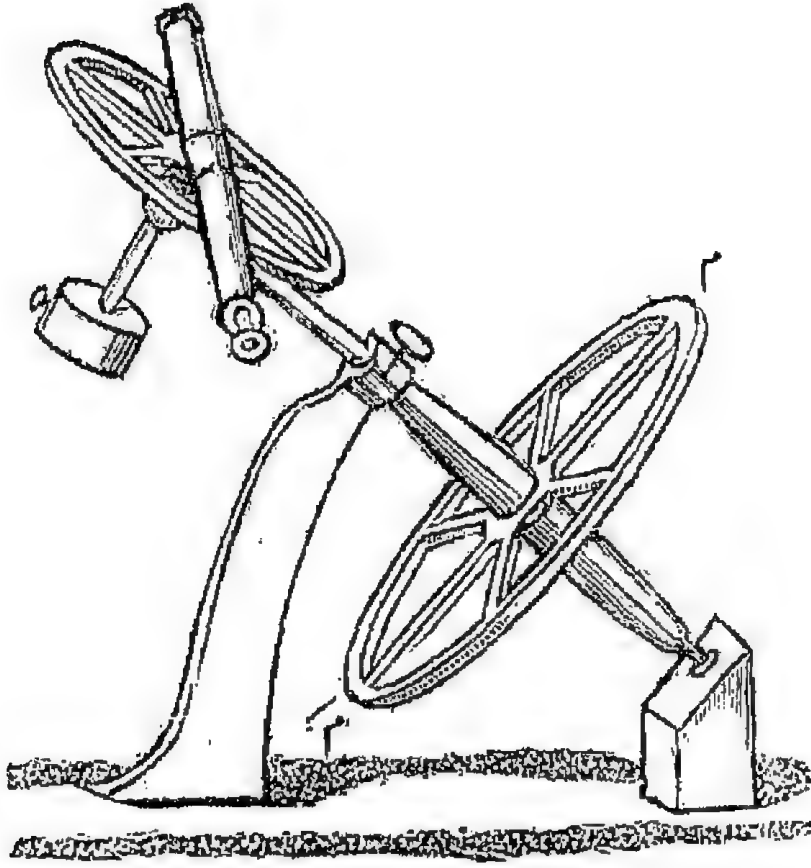
$$١ = ١ - ١ = ٠ \text{ و } ١ = ١ + ١ = ٢$$

وحيث ان $١ = ٠$ يحدث

$$١ = \frac{١}{١} (١ + ١)$$

أعني يحصل على ارتفاع القطب بأخذ متوسط ارتفاعي نجمة واحدة عند مرورها العلوى والسفلى بمستوى الزوال وسترى فيما سأتى ان ارتفاع القطب في محل معلوم يساوى بالضبط للعرض الجغرافي لهذا المحل وهذا الارتفاع في المحرسة يساوى ٣٠°

١٨ - تحقيق الحركة اليومية بواسطة الآلة الاعتدالية - قد شوهد فيما تقدم امكان تحقيق ثوابين الحركة اليومية بواسطة التيودوليت ويسهل اجراء هذا التحقيق أيضا باستعمال الآلة الاعتدالية وهي عبارة عن تيودوليت قد أميل محوره الرأسى فى مستوى الزوال الى أن صار منطبقا على محور العالم (شكل ٨) ومتى ثبت فى هذا الوضع فان الدائرة التى كانت أفقية تأخذ الوضع م م



ش ٨

المائل على الافق وتكون حينئذ منطبقة على مستوى دائرة المعدل وحيث ان الدائرة العليا تدور حول محور العالم فيمكن دائما جعل مستويها مشقلا على نجمة حيثما اتفق وبتحريك النظارة المثبتة فيها حول المركز يمكن توجيهها بحيث يمر محورها البصرى بالنجمة فاذا ربطت بعد ذلك برمة الضغط التى تربط النظارة بحافة الدائرة وادبرت الدائرة المذكورة حول

محور الآلة فانه يرى أنه يمكن تتبع النجمة فى جميع مدة حركتها اليومية فوق الافق وهذا مما يثبت أن خط سيرها قوس من دائرة بمان الخط الذى رسمه محور النظارة على الكرة السماوية هو كذلك قوس دائرة

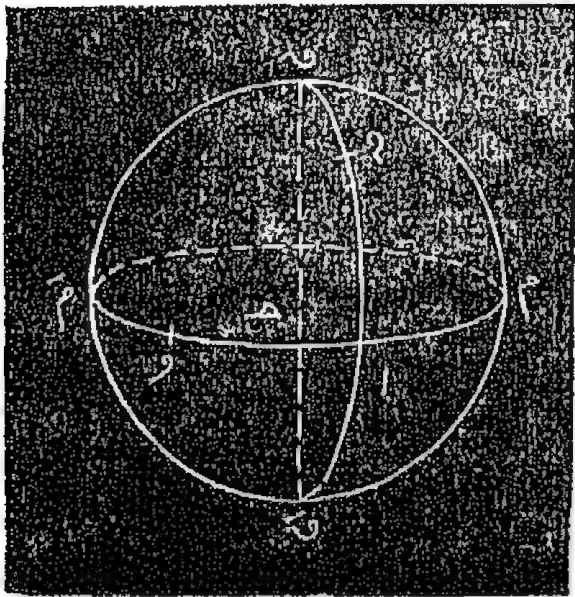
فاذا انقلت الى الآلة حركة ساعة مضبوطة فيكون لها حركة دورانية منتظمة مدتها يوم نجمى بالضبط وبهذا التركيب يمكن تتبع نجمة بدون ان تخرج عن النظارة وينتج من ذلك ان الحركة اليومية لجميع النجوم منتظمة

الفصل الثالث

المطالع المستقيمة والميل لنجمة - النظارة الزوالية - الدائرة الحائطية

١٩ - المطالع المستقيم والميل - قد رأينا فيما تقدم كيفية تعيين وضع نجمة على الكرة السماوية بقياس بعدها السمى وزاويتها السمى بواسطة التيودوليت ولكن هذين الاحداثيين متعلقان برأى وافق المحل اللذين يتغيران من محل الى آخر وبلمحظة الرصد فهما بناء على ذلك يتغيران بتغير المحل الحاصل فيه الرصد ودقة الرصد ولذا صار تعويضهما باحداثيين آخرين يقيان غير متغيرين مدة مديدة من الزمن وهذان الاحداثيان متعلقان بمستوى وخط اتجاههما غير متغيرين ويقتيان بعينهما هما ما كان وقت الرصد ومحلها أما المستوى فهو مستوى دائرة المعدل وأما الخط الثابت فهو محور العالم العمودى عليه

وليكن α (شكل ٩) مركز الكرة السماوية و Q خط القطبين و M دائرة المعدل و γ نجمة حيثما اتفق فوضع هذه النجمة يتعين تعييننا تاما اذا علم



ش ٩

أولاً - المستوى الذى يشتمل عليها ويمر بمحور العالم أو الزاوية التى يصنعها هذا المستوى مع دائرة عظيمة تمر بمحور العالم وتأخذ ممبداً وهذه الزاوية التى تعد من 0° الى 90° أو القوس α الذى يقدرها هو المطالع المستقيم للنجمة γ

ثانياً - البعد الزاوى للنجمة عن دائرة المعدل ويقدر هذا البعد بقوس الدائرة العظيمة γ وهذا هو ميل النجمة γ وتعد الميول من 0° الى 90° وتكون موجبة فى نصف الكرة الشمالى وسالبة فى نصف الكرة الجنوبى وعوضا عن الميل يمكن قياس بعد النجمة عن القطب الشمالى أعنى البعد γ المسمى بالبعد القطبى ويعد من 0° الى 180°

٣ - دوائر الميل - الزوايا الساعية - الدوائر التى مثل α و β تسمى تارة دوائر ساعية وتارة دوائر ميل أما سبب التسمية الاولى فهو أن الدائرة α بسبب الحركة اليومية تدور حول محور العالم بسرعة منتظمة وترسم دورة كاملة تحوله فى 24 ساعة نجمية فاذا حسب الزمن بالابتداء من مبدأ اختيارى وليكن اللحظة التى مرت فيها النجمة والدائرة

بمستوى الزوال مثلاً بواسطة بندول منظم على الزمن النجمي وعينت الزاوية المرسومة بالدائرة في لحظة حيثما اتفق فإن مقدارها يعطى الزمن الذى مضى من ابتداء مرور النجمة بمستوى الزوال لغاية اللحظة المذكورة باعتبار أن كل ساعة زمنية بخمس عشرة درجة قوسية وكل دقيقة بخمس عشرة دقيقة وكل ثانية بخمس عشرة ثانية وأسبب التسمية الثانية فواضح لا يحتاج الى بيان

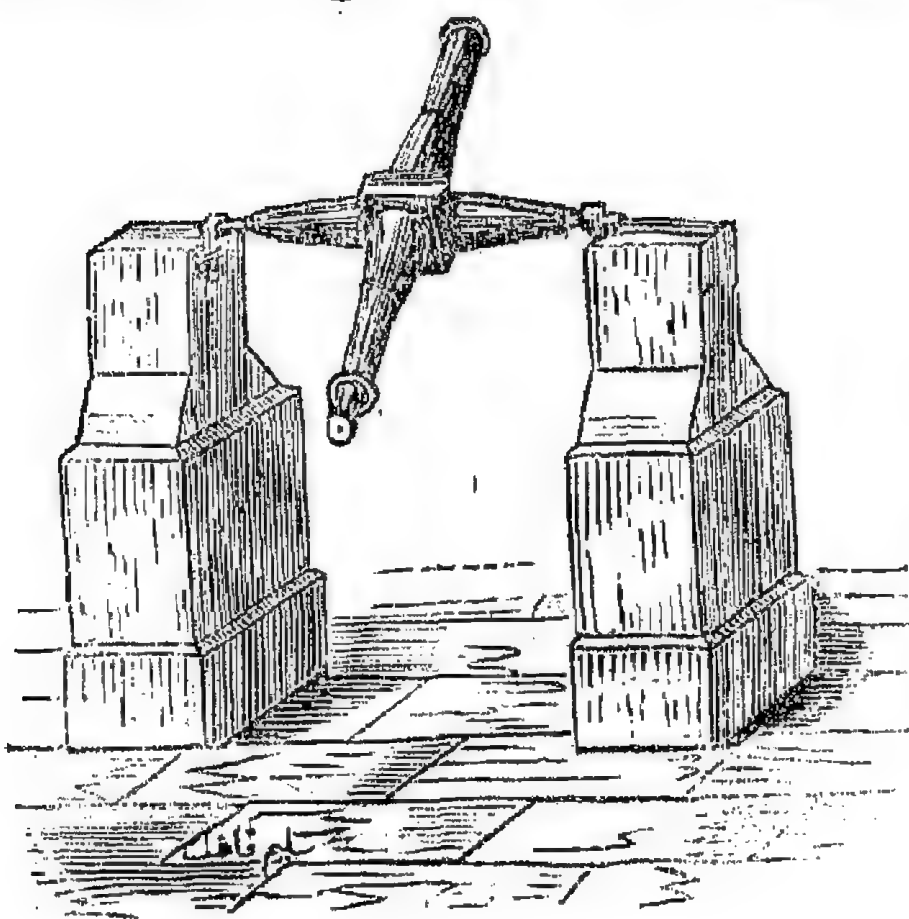
وحينئذ فزاوية الدائرة الساعية التى تصنعها مع مستوى الزوال أو الزاوية الساعية لنجمة تزداد بالانتظام من 0° الى 360° ويمكن اتخاذها قياساً للزمن النجمي

٢١ - أصل المطالع المستقيمة أو مبدأها - نقطة الاعتدال الربيعي - قد اتفق على جعل مبدأ اليوم النجمي لحظة المرور العلوي لنقطة من دائرة المعدل بمستوى الزوال وتسمى هذه النقطة نقطة الاعتدال الربيعي وهذه النقطة أو دائرة الميل المارة هي بها اتخذ كذلك مبدأ للمطالع المستقيمة

إذا تقر هذا وأخذ بندول نجمي مضبوط وكان مبيناً بـ θ بـ β في لحظة مرور نقطة الاعتدال الربيعي بمستوى الزوال يكفي للحصول على المطالع المستقيم لنجمة رصد لحظة مرورها العلوي بمستوى الزوال ومعرفة لحظة هذا المرور بالضبط فالزمن الذى يبينه البندول في هذه اللحظة محو لا الى درج ودقائق وثوان يعطى المطالع المستقيم المبحوث عنه

مثلاً إذا كانت الساعة $٢٢, ٢٣$ و ٣٣ و ١٨ في لحظة مرور النجمة المسماة الواقع وهي ١ من النسر الواقع بمستوى الزوال فإن مطالعها المستقيم يكون $٣٦٣, ١٥$ ٢٧٨ .

٢٢ - النظارة الزوالية - حساب المطالع المستقيمة - تعيين المطالع المستقيمة يستلزم



زيادة على البندول النجمي آلة أخرى خاصة برصد مرور الكواكب بمستوى الزوال تسمى النظارة الزوالية وهي عبارة عن نظارة فلكية (شكل ١٠) محمولة بين كتفين قويين من البناء بواسطة محور افقي طرفاه اللذان على شكل اصبعين موضوعان في سكرجتين اسطوانيتين مثبتتين في الكتفين والمحور البصري للنظارة عمودى على محور

دورانها الذي هو المحور الأفقي وهذا المحور الأخير عمودي على مستوى زوال المحل وينتج من ذلك أن المحور البصري يرسم مستوى رأسيًا ينطبق ضرورة على مستوى الزوال المذكور بمعنى أنه متى دارت النظارة دورة كاملة فالنظر إلى الرأس الذي يرسمه محورها البصري يكون هو مستوى الزوال

ولابد من ثلاثة شروط لكي تبقى النظارة الزوايا بالعرض المقصود منها وهي

أولاً - يجب أن يكون محورها البصري عمودياً بالضبط على محور دورانها ولتحقيق استيفاء هذا الشرط ينظر بالنظارة إلى تقاسيم مسطرة توضع أفقية على بعد منها ويعلم القسم الذي تنطبق عليه نقطة تقاطع شعرات حامل الشعر الذي في النظارة ثم يرفع المحور من السكرجتين وتدار إلا إلى أن يصير أحد الصباغين في السكرجة التي كان يشغلها الصباغ الآخر وبالعكس فإذا انطبقت نقطة تقاطع الشعرات على القسم الذي انطبقت عليه في الحالة الأولى بعينه كان الشرط مستوفى والافيعلم القسم الجديد الذي انطبقت عليه وفي منتصف المسافة الواقعة بين القسمين المعلمين يوجد الوضع العمودي للمحور البصري ويوجه المحور البصري المذكور نحو نقطة منتصف المسافة المذكورة بتحريك حامل الشعر في مستويته تحريكاً عرضياً بواسطة برمته

ثانياً - أن يكون محور الدوران أفقياً بالضبط ويتحقق هذا الشرط بوضع ميزان ماء على المحور ورفع أو خفض أحد طرفيه بواسطة تدوير البريمة التي تجعل إحدى السكرجتين تتحرك في الأفق إلى الرأس حتى تصبح فقيعته في الوسط

ثالثاً - أن يكون المستوى الرأسى الذي يرسمه المحور البصري للنظارة منطبقاً على مستوى الزوال . ولتحقيق هذا الشرط يقال حيث أن محور الدوران أفقي والمحور البصري للنظارة عمودي عليه فيكون المستوى الذي يرسمه المحور البصري رأسيًا ولتحقق من انطباقه على مستوى الزوال يرصد بواسطة بندول نجمي الزمن الذي يعضى بين المرور العلوى والمرور السفلى لنجمة أبدية الظهور بالمستوى الرأسى المرسوم بالمحور البصري للنظارة فإذا كان هذا الزمن مساوياً للنصف يوم نجمي يكون المستوى المذكور منطبقاً على مستوى الزوال وإذا كان أكبر أو أصغر من نصف يوم نجمي فلا يكون منطبقاً عليه ولحصول هذا الانطباق يحرك أحد الصباغين أفقياً إلى أن يحقق الرصد الشرط المذكور

٣٣ - النجوم الأساسية - يوجد عند الفلكيين جدول لجملة من النجوم الشهيرة التي يسهل رصدها بالنظارات ليلاً ونهاراً وقد عينوا مطالبها المستقيمة بالضبط كل واحد يعمل

رصد الممرات العلوية والسفلية لهذه النجوم التي تسمى النجوم الأساسية بمستوى الزوال
لأجل تنظيم البندول النجمي ويمكن أن يكون عوضاً عن رصد نقطة الاعتدال الربيعي التي
لا تنطبق بالضرورة على النجمة كما . مثلاً المطلع المستقيم للنجمة المسماة قلب الأسد مقداره
بالزمن هو ٨ ر ١٤ ث و ٢ د و ١٠ س فإذا كان البندول منظماً جيداً يجب حينئذ أن يبين هذا
المقدار بالضبط فإذا بين في هذه اللحظة ١٧,٥ ث و ٢ د و ١٠ س فإنه يكون مقدماً بقدر
٧,٧ ث ويحتسب هذا التقديم في الأرصاد التالية

ومعرفة زمن الممر العلوي للنجمة أساسية بمستوى الزوال ثم زمن الممر العلوي للنجمة حيثما
اتفق ففرق الزمنين مطروحاً حجباً من المطلع المستقيم المعلوم للنجمة الأولى يحدث المطلع
المستقيم للنجمة الثانية وليس الأمر محتاجاً لأن يكون البندول منظماً على نقطة الاعتدال
الربيعي بل يكفي أن يدق ثواني نجمية

ومن رصد نجمة أساسية يمكن معرفة تقديم أو تأخير البندول وطرح أو ضم العدد المتحصل
بهذه الكيفية إلى زمن مرور النجمة المراد معرفة مطالعها المستقيم وهالك مثالاً لذلك

يوجد في الجدول أن المطلع المستقيم للنجمة الأساسية المسماة الطائر (من النسر) هو
٢٩ ر ١٠ ث و ٤٥ د و ١٩ س والبندول النجمي يبين وقت مرورها بمستوى الزوال
٥٢,٥ ث و ٤٤ د و ١٩ س فيكون في البندول تأخير قدره ١٧,٧٩ ث

والنجمة هـ مثلاً التي يراد معرفة مطالعها المستقيم قرب مستوى الزوال والساعة
٢٧,٤ ث و ٢٣ د و ٢٠ س فالزمن الحقيقي لمرورها أعني مطالعها المستقيم مبيناً بزمن (ثم بقوس)
يكون حينئذ

$$\text{مط * هـ} = ٢٧,٤ \text{ ث و } ٢٣ \text{ د و } ٢٠ \text{ س} + ١٧,٧٩ \text{ ث} = ٤٥,١٩ \text{ ث و } ٢٣ \text{ د و } ٢٠ \text{ س}$$

$$= ١٧,٨٥ \text{ ث و } ٥٦ \text{ د و } ٣٠ \text{ س}$$

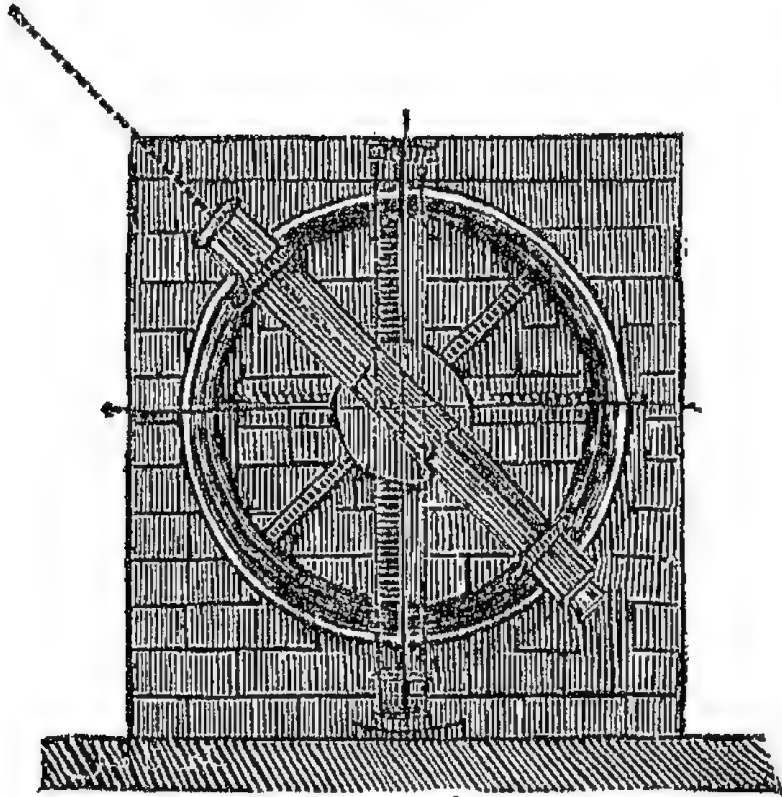
ويمكن كذلك إجراء الحساب بالطريقة الأولى هكذا

$$\text{مط * هـ} = ٢٩ \text{ ر } ١٠ \text{ ث و } ٤٥ \text{ د و } ١٩ \text{ س} + ٢٧,٤ \text{ ث و } ٢٣ \text{ د و } ٢٠ \text{ س}$$

$$= ٥٢,٥ \text{ ث و } ٤٤ \text{ د و } ١٩ \text{ س} = ٤٥,١٩ \text{ ث و } ٢٣ \text{ د و } ٢٠ \text{ س}$$

٣٤ - الدائرة الحائطية - قياس الميول - حيث علمت طريقة تعيين المطلع المستقيم
النجمة لم يبق إلا معرفة كيفية تعيين الأحدث الثاني وهو ميلها فتستعمل لهذا الغرض الآلة
المسماة بالدائرة الحائطية وهي دائرة مدرجة (شكل ١١) مستوية منطبق على مستوى

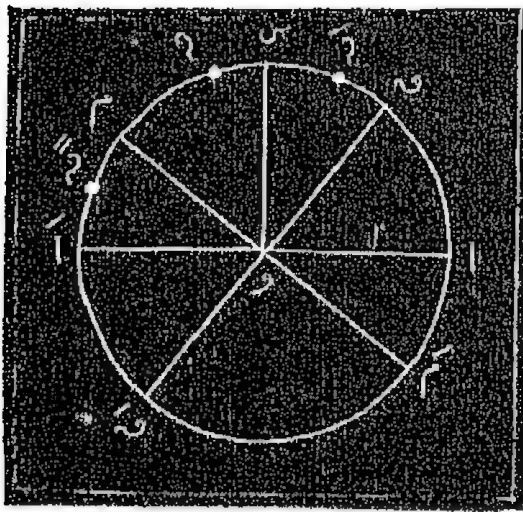
الزوال مثبتة في حائط رأسى وجهتها في مستوى الزوال المذ كوز تحمل هذه الدائرة نظارة تتحرك حول محور أفقى مار بمرکزها وعمودى على مستويها وعلى ذلك ترسم النظارة بحركتها مستوى الزوال



ش ١١

ويتعين ميل نجمة بهذه الآلة بالكيفية الآتية وهى أن ترصد النجمة في لحظة مرورها العلوى بمستوى الزوال ويقرأ على تقاسيم الدائرة بعدها الزاوى عن الصفر المطابق لسمت الرأس أولاً على نقطة من حافة الدائرة وبذا يتحصل على البعد السمتى للنجمة وبطرح هذا البعد (طرحاً جبرياً) من البعد السمتى للقطب الذى نفرضه معلوماً

يتحصل على البعد القطبى للنجمة ومتم هذا البعد يكون هو الميل المطلوب وليكن اسمه α مستوى الدائرة الحائطية و ψ محور العالم (شكل ١٢) و μ دائرة المعدل و ω الرأسى فيكون ψ هو البعد السمتى للقطب ويكون البعد القطبى للنجمة ω هو



ش ١٢

$$\omega = \psi - \alpha$$

وميلها يكون هو

$$\mu = 90^\circ - \omega$$

هذا اذا كانت النجمة ω في شمال السمت واذا كانت في جنوبه مثل ω يحصل

$$\omega = \psi + \alpha \quad \text{و} \quad \mu = 90^\circ - \omega$$

وفي هاتين الحالتين توجد النجمة في نصف الكرة الشمالى فاذا كانت في نصف الكرة الجنوبي اى في ω مثلاً يحصل

$$\omega = \psi + \alpha \quad \text{و} \quad \mu = 90^\circ - \omega$$

والدائرة الحائطية هى نظارة زوالية ثبت فيها حافة مقسمة مستويها غير المتغير هو مستوى الزوال وتقاسيم هذه الدائرة جارية من 0° الى 180° بالابتداء من أعلى نقطة التى يجب ان تطابق للوضع الرأسى للمحور البصرى للنظارة ويتحقق هذا الشرط الاساسى برصد النظر من وقت

الى وقت بأن يوضع أسفل الآلة اناء مملوء بالماء فيكون سطحه الساكن افقيا ومستويا بالضبط
وحينئذ اذا وضعت النظارة في وضع رأسي وكانت الشبكية جهة أسفل ونظر الى السطح
العاكس لهذه المراية التي من سائل (الزئبق) فإنه يمكن رؤية صورة شعرات حامل الشعر
الذي يعتنى بتنويره بالقاء ضوء مصباح على الشعرات فتى كانت نقطة تقاطع الشعرات منطبقة
تمام الانطباق على صورتها الخاصة يكون المحور البصرى للنظارة رأسي وفي هذه الحالة يكون
متجهاتها نحو النظر وبقراءة القسم المطابق لهذا الوضع للنظارة وطرح ١٨٠ منه يتحصل على
القسم المطابق للسمت أو يتحصل على صفر التقاسيم

الفصل الرابع

وصف السماء - الصور السماوية - النجوم المشهورة

٣٥ - الاحصائيات - الكرات وانحرط السماوية - الفلكيون بمعرفة طرق
التي بها تعين الاوضاع المضبوطة للنجوم على الكرة السماوية أمكنهم أن ينشؤا احصائيات
في النجوم مرتبة على حسب كبر مطالعها المستقيمة وامام كل نجمة مطالعها المستقيم وميلها
واستعملوا هذه الاحصائيات لوضع النجوم بأوضاعها النسبية على كرة صناعية وذلك بان يرسم
على سطح هذه الكرة الصناعية دائرة عظيمة من نقطة ما مثل ω نعتبرها القطب الشمالى
مثلا وتكون هذه الدائرة العظيمة هي دائرة المعدل ثم ترسم جملة دوائر أخرى موازية لها
وتكون هي الموازيات التي ترسمها النجوم تبعاً للحركة اليومية ثم ترسم جملة دوائر عظيمة تدل
على دوائر الميل ثم تعلم على سطح هذه الكرة جملة نقاط تعين كل واحدة منها بالمطالع المستقيم
والميل لنجمة مطابقة ويتحصل حينئذ على كرة سماوية كالكرات الصناعية المبنية لسطح
الارض

وكذلك تنشأ خرط سماوية بطرق المساقط التي سنتكلم عليها في بند (٢٤٩) وما يليه

٣٦ - الصور السماوية - النجوم الاصلية - لاجل مساعدة الذاكرة في دراسة
النجوم قسموها من القدم الى مجموعات متميزة تسمى الصور السماوية وهي صور كائنات حية
وغير حية تصور وارسمها على الكرة السماوية وليس كل هذه الصور مشابهة لمسميات ابل
البعض فقط وذلك كالنجوم الاصلية من صورة الثور فان لها اوضاعا مثلثيا يشابه نوعا للجزء العظمى
من رأس هذا الحيوان وكذا العقرب والاكيل والحية والتنين

ولبيان نجوم كل صورة تستعمل الحروف الهجائية فالحروف ا و ب و ح و د تدل على أربعة نجوم أصلية من كل صورة بحيث انه بالمرور من صورة الى أخرى تكون هذه الحروف مبينة لنجوم تختلف عن بعضها في الضوء

٣٧ - عدد الصور - قد عدد (بطليموس) ٤٨ صورة منها ٢١ في الشمال و ١٥ في الجنوب و ١٢ في الجزء المتوسط بالقرب من دائرة المعدل في المنطقة التي يظهر ان الشمس تقطعها في سيرها السنوي ويشتمل مجموع هذه الثمان والاربعين صورة على ١٠٢٩ نجمة منها ٣٦١ للصور الشمالية و ٣١٨ للصور الجنوبية و ٣٥٠ للصور المنطقية

والاثنا عشرة صورة المنطقية اعتبرت المنازل المتتالية للشمس في مدة سنة واسماؤها هي
حمل . ثور . جوزاء . سرطان . أسد . سنبله . ميزان . عقرب . قوس اوراخي
جدى . دلو . حوت . وهي مجموعة في قول بعضهم

حمل الثور جوزاء السرطان * ورعى الليث سنبل الميزان

ورعى عقرب بقوس جدى * نزح الدلو بركة الحيتان

والاحدى والعشرون صورة الشمالية هي . الدب الاصغر أو بنات نعش الصغرى . الدب
الاكبر أو بنات نعش الكبرى . التنين أو الثعبان . الملتهب . العوا . الاكليل الشمالي
هر كول أو الجاني على ركبتيه . النسر الواقع أو السلحفاة . الدجاجة . ذات الكرسي . برشاوش
ماسك العنان . الحواء . الحية . السهم . النسر الطائر . الدلفين . الفرس الاعظم
الفرس الاصغر . المرأة المسلسلة . المثلث الشمالي أو الداتا

والخمس عشرة صورة الجنوبية هي . قيطس . الجبار . نهر الاردن . الارنب
الكلب الاصغر . الكلب الاكبر . السفينة . الشجاع . الكاس أو الباطية
الغراب . المحراب أو الحجر . سنطورس . الذئب . الاكليل الجنوبي . الحوت الجنوبي

٣٨ - والنجوم التي تكون منها الصور المعروفة عند الاقدمين تنقسم الى اقدار قاصواها
تسمى من القدر الاول ثم ما يليها في الضوء يسمى من القدر الثاني وهكذا والقدر السادس
يشتمل على النجوم التي هي آخر ما يمكن رؤيته بالعين وهذا الترتيب اعتباري لان آخر نجمة من
القدر الثالث مثلا يمكن أن تكون هي أول نجوم القدر الرابع ولذا يوجد اختلاف بين
الفلكيين في هذا الاعتبار

ولكن المتأخرين حافظوا على هذا التقسيم وعلى رأى موسيو (ارچيلاندر) يحتوى نصف

الكرة الشمالى على ٩ نجوم من القدر الاول و ٣٤ من القدر الثانى و ٩٦ من الثالث و ٢١٤ من الرابع و ٥٥٠ من الخامس و ١٤٣٩ من السادس والمجموع هو ٢٣٤٢ وأما نصف الكرة الجنوبى فيحتوى على ٤٦٨٤ نجمة منها ١٨ من القدر الاول و ٦٨ من الثانى و ١٩٢ من الثالث و ٤٢٨ من الرابع و ١١٠٠ من الخامس و ٢٨٧٨ من السادس وأشهر الخريط لا تعطى اليوم سوى ٢٠ نجمة من القدر الاول وهى مرتبة على حسب ضوءها

أسماء	أسماء	أسماء
١٥ الطائر	٨ الشعرى الشامية	١ الشعرى اليمانية
١٦ السماء الاعزل (نير السنبلة)	٩ كتف الجبار	٢ سهيل اليمن
١٧ فم الحوت	١٠ آخر النهر	٣ أ من سنطورس
١٨ ب من الدجاجة	١١ الدبران	٤ السماء الراح
١٩ رأس التوأم المؤخر	١٢ ب من سنطورس	٥ رجل الجبار
٢٠ قلب الاسد	١٣ أ من الدجاجة	٦ العيوق
	١٤ قلب العقرب	٧ الواقع

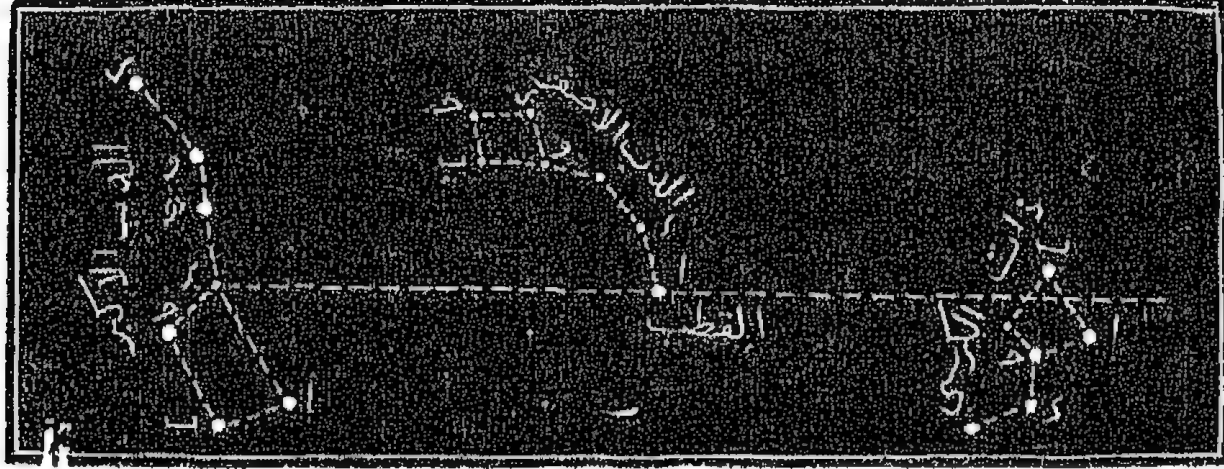
٣٩ - عدد النجوم المنظورة - يظهر ان عدد النجوم التى ترى بالعين عظيم جدا ولقد حصر الموسيو (ارچيلاندر) ٣٢٥٦ نجمة ترى بالعين وتمتد على القبة السماوية بين القطب الشمالى و ٣٦ من الميل الجنوبى وهذه المنطقة تشتمل تقريبا على $\frac{1}{10}$ السطح الكلى للكرة وبهذه النسبة يكون للعشرين الاخر ٨٤٤ نجمة ويكون العدد الكلى للنجوم التى ترى بالعين ٤١٠٠ نجمة

وبعض الراصدين ذوى البصر الحاد أمكنهم رؤية بعض نجوم من القدر السابع حتى وان العدد السابق وصل الى ٦٠٠٠ نجمة تقريبا أو أزيد من ذلك

واذا استعملت النظارات يزداد هذا العدد كثيرا ويصل الى ٢٠٤٠٠٠٠٠ نجمة تقريبا فى جميع السماء من ابتداء القدر الاول لغاية القدر الخامس عشر

٣٠ - وصف السماء - أسهل طريقة لمعرفة الصور السماوية هى مقارنة السماء بالخريط السماوية المنشأة على حسب القواعد التى ستأتى فى بند (٢٤٩) وإذا لم توجد خريط واريد ذلك فمساعدة بعض نقط تعتبر مبدءا يمكن ايجاد المجموعات النجمية الاصلية وفى قطرنا نجعل المبدء صورة الدب الاكبر

الدب الأكبر (شكل ١٣) - اذا وجه الانسان نظره جهة الشمال فانه يرى صورة الدب
الأكبر وتحتوى على سبع نجوم أصلية وجميعها من القدر الثاني ما عدا النجمة د فهى من
القدر الثالث والنجوم هـ و و و س تكون ذنب الدب الأكبر



ش ١٣

النجمة القطبية - اذا مد الخط ب ا من جهة ا يبعد يساوى ا س فانه يمر بالقرب
من نجمة من القدر الثاني أو الثالث وهى النجمة القطبية التى تستعمل فى إيجاد جميع الصور
المهمة المنظورة فى سماء مصر وهذه النجمة لا تبعد عن القطب الا بقدر درجة ونصف
وبواسطة النجمة القطبية يسهل معرفة الاربع نقط الأصلية فانه بالنظر اليها يكون الشمال
امام الناظر والجنوب خلفه والشرق عن يمينه والغرب عن يساره

والنجمة القطبية هى ثالث نجمة من ذنب صورة مشابهة للدب الأكبر الا انها أصغر منها
وموضوعة بعكسها وتسمى الدب الأصغر

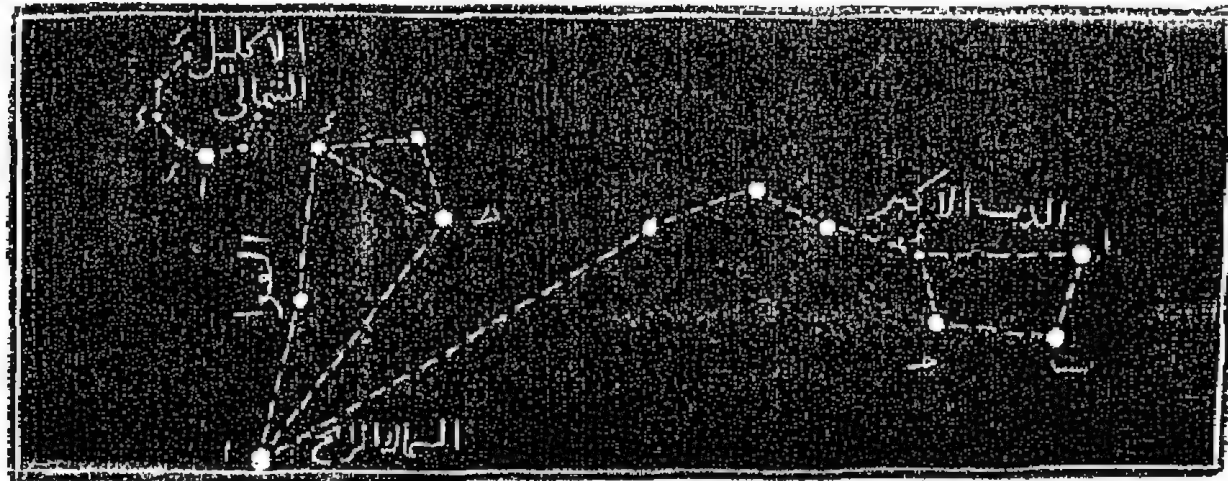
ذات الكرسي - اذا وصل بين نقطة د من الدب الأكبر والنجمة القطبية بمستقيم ومد من
جهة النجمة القطبية بكمية تساويه توجد ذات الكرسي وهى تشتمل على جملة نجوم من
القدر الثالث وهذه الصورة هى فى مقابلة الدب الأكبر دائما بالنسبة للنجمة القطبية

الفرس الأعظم - المرأة المسلسلة - (شكل ١٤) - اذا مد الخط الذى عين النجمة
القطبية من جهتها فانه يقابل صورة الفرس الأعظم وبإضافة النجمة ا من المرأة المسلسلة
اليه يتكون ما يسمى مربع الفرس الأعظم وزوايا هذا المربع تشغلها نجوم من القدر الأول
فاذا وصل بين ا من الفرس الأعظم و ا من المرأة المسلسلة توجد النجمتان ب و ح
من المرأة المسلسلة اللتان تأخذان فى الاقتراب من النجمة القطبية

برشاوش - اذا مد الخط ب ح من المرأة المسلسلة يمر بالنجمة ا من برشاوش . ومربع
الفرس الأعظم والخط ب ح من المرأة المسلسلة والنجمة ا من برشاوش تكون جملة
شكلها يشابه الدب الأكبر الا انه ذو امتداد أعظم منه

الجبار - الكلب الاعظم - الشعري اليمانية - اذا مد الخط الواصل بين النجمة القطبية والعيوق من جهة العيوق فانه يقابل الجبار وهو أجمل صورة في السماء (شكل ١٦) ويحتوى على سبع نجوم أصلية أربع منها موضوعة على شكل شبه منحرف وفي مركزه توجد الثلاث الاخر التي هي أقل ضوءاً من الأربع وتوجد هذه النجوم الثلاث على خط مستقيم وتكون ما يسمى منطقة الجبار والعصا ورأسان من رؤس شبه المنحرف هما نجمتان من القدر الاول أ أو كنف الجبار و ب أو رجل و اذا مد خط العصا يقابل الشعري اليمانية من الكلب الاعظم التي علمت بتخطيط آخر

العواء - السماء الرابع - (شكل ١٨) - اذا مد ذنب الدب الاكبر فانه يمر بالقرب من نجمة من القدر الاول منسوب الى صورة العواء هي السماء الرابع وهي أضوأ نجوم السماء بعد الشعري اليمانية



ش ١٨

النسر الواقع - الواقع - الخط الواصل بين السماء الاعزل من السنبلة والسمالك الرابع من العواء يمر بصورة النسر الواقع بالقرب من نجمة من القدر الاول هي أ من النسر الواقع وتسمى الواقع

الدجاجة - بجانب النسر الواقع توجد صورة الدجاجة المركبة من خمس نجوم مكونة صليبا والنجمة أ من هذه الصورة من القدر الاول

الاعتدال الربيعي - على امتداد المستقيم المار بنقطة د من الدب الاكبر و أ من الدب الاصغر و أ من المرأة المسلسلة توجد نقطة الاعتدال الربيعي على دائرة المعدل

والدبران وقلب العقرب وقلب الاسد وفم الخوت من الخوت الشمال تقسم السماء الى أربعة أجزاء متساوية وهذه النجوم الاربعة الملقبة بالنجوم الملوكية كانت هي أربع حراس السماء العجم بنحو ٣٠٠٠ سنة قبل الميلاد وكان الدبران في الاعتدال الربيعي هو حارس الشرق وقلب العقرب في الاعتدال الخريفي وهو حارس الغرب وقلب الاسد قريب من المنقلب الصيفي وفم الخوت على بعد صغير من المنقلب الشتوي ولكن هذه النقاط تغيرت اليوم وسنعرف أسباب هذا التغير

الباب الثاني في الارض

الفصل الأول

شكل الارض - انعزالها في الفراغ - كروية الارض -
المناطق السماوية - ارتفاع القطب

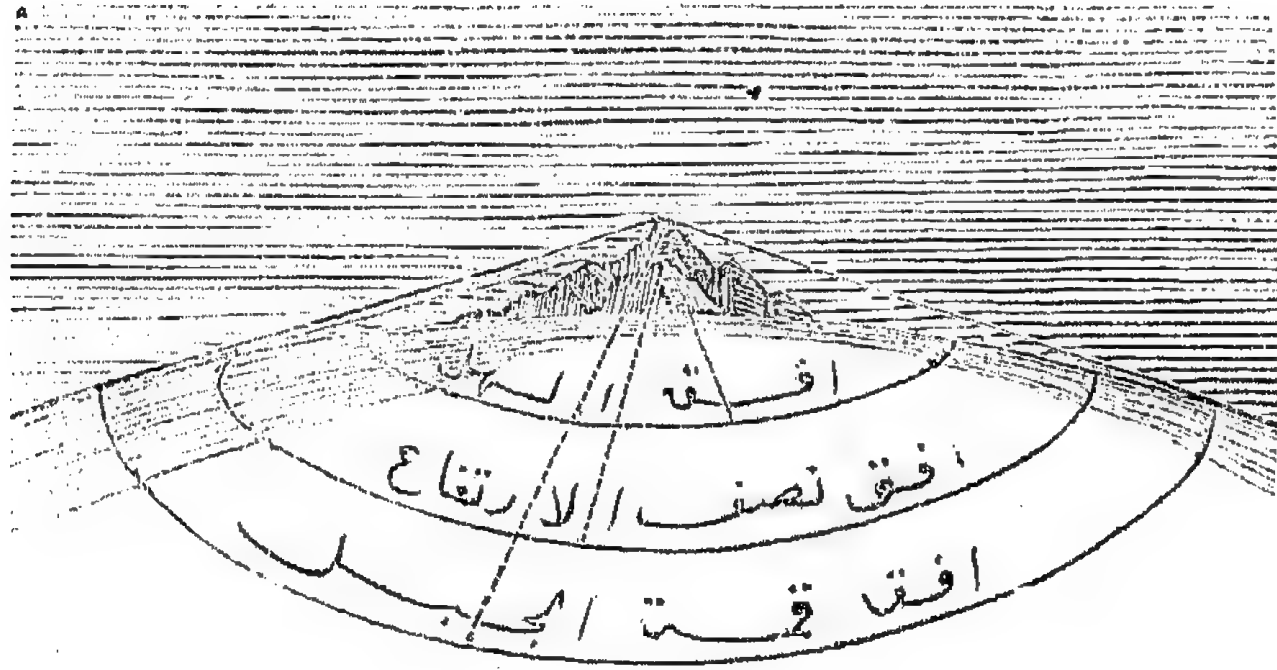
٣١ - شكل الارض المستدير - انعزالها في الفراغ - الشكل المستدير للارض
أو كرويتها وانعزالها في الفراغ الذي تتحرك فيه حرًا كأن احدها حول نفسها وتتحرك في مسافة
يوم نجمي والاخرى حول الشمس وتقطع فيهما مدارا مقفولا هي حقائق لم يجعل علم الفلك
الجديد محال للشك فيها

فلو أمكن رصد الارض من نقطة من السماء بعيدة بعدا كافيا لظهرت على شكل كروي تقريبا
منعزل في الفراغ بالكلية. وقد كان المتقدمون من الفلاسفة في شك من ذلك ولكن هناك
براهين عديدة على حقيقة الامر نذكر لك بعضها

أما انعزال الارض في الفراغ فيستدل عليه استدلالا واضحا من دور الحركة اليومية فان
الكواكب التي تغرب على التعاقب واحد بعد آخر فوق افق محل أرضي حيثما اتفق والتي
تظهر بعد قليل من الزمن في جهة الشرق لا يمكنها أن تجري مثل هذه الحركة الظاهرية ما لم
تسكن الارض غير محدودة من جميع الجهات وغير محمولة على شيء والاسفار الملاحية في جميع
الجهات قد اكثرت عدم وجود حامل ما للارض وأثبتت استدارتها وانعزالها في الفراغ

وأول هذه الاسفار كما لا يخفى هو الذي أجراه الملاح الشهير البرتغالي المسمى (فرديناند ماچلان)
وذلك أنه في ٢٠ سبتمبر سنة ١٥١٩ خرج من إحدى مين البرتغال واتجه نحو الغرب وقابل
أمريقا التي اكتشفها (كريستوف كلومب) في سنة ١٤٩٢ ولكنه لما لم يجد طريقا يسير
فيه جهة الغرب التزم أن يجانب أمريقا من جهة الجنوب ودخل في المحيط الباسفيكي من
البوغاز الذي سماه باسمه ثم مر بعد ذلك بين الماركيز والارخبيل الخطر (لبوچينفيل) ولسوء
حظ لم يتم سفره بل مات في جزيرة زيبو وأتم المشروع (سيباستيان دلكانو) ورجع من رأس
عشم الخير ودخل أوروبا الثاني بعد مضي ثلاث سنين من تاريخ ذهابه في ٦ سبتمبر سنة ١٥٢٢

٣٣ - اثبات كروية الارض - اذا وجد الانسان في أى محل على ارتفاع ما فوق الافق ولم تحجب الموانع الارضية عن نظره الشكل المنتظم فان الافق يتحدد دائماً دائرة يشغل هو مركزها فاذا ارتفع أكثر من ذلك كبر نصف قطر دائرة الافق ومن ذا يعلم ان تحديد الافق لم يكن ناشئاً عن ضعف في البصر يمنع رؤية ما كان موضوعاً بعدد معلوم بل الافق هو الخط الناصل بين الاجزاء المنظورة وغير المنظورة على كرة تامة التحديد (شكل ١٩) ويسهل اثبات ذلك اذا كان الراصد على شاطئ البحر ناظراً الى سفينة تتباعد عن الشاطئ فانه يرى أن السفينة يختفي بدنهما أولاً ثم قلعوها القصيرة ثم قلعوها العالية وليس ذلك ناشئاً عن ضعف في البصر لان الحالة تكون بعينها ولو استعين باقوى النظارات



ش ١٩

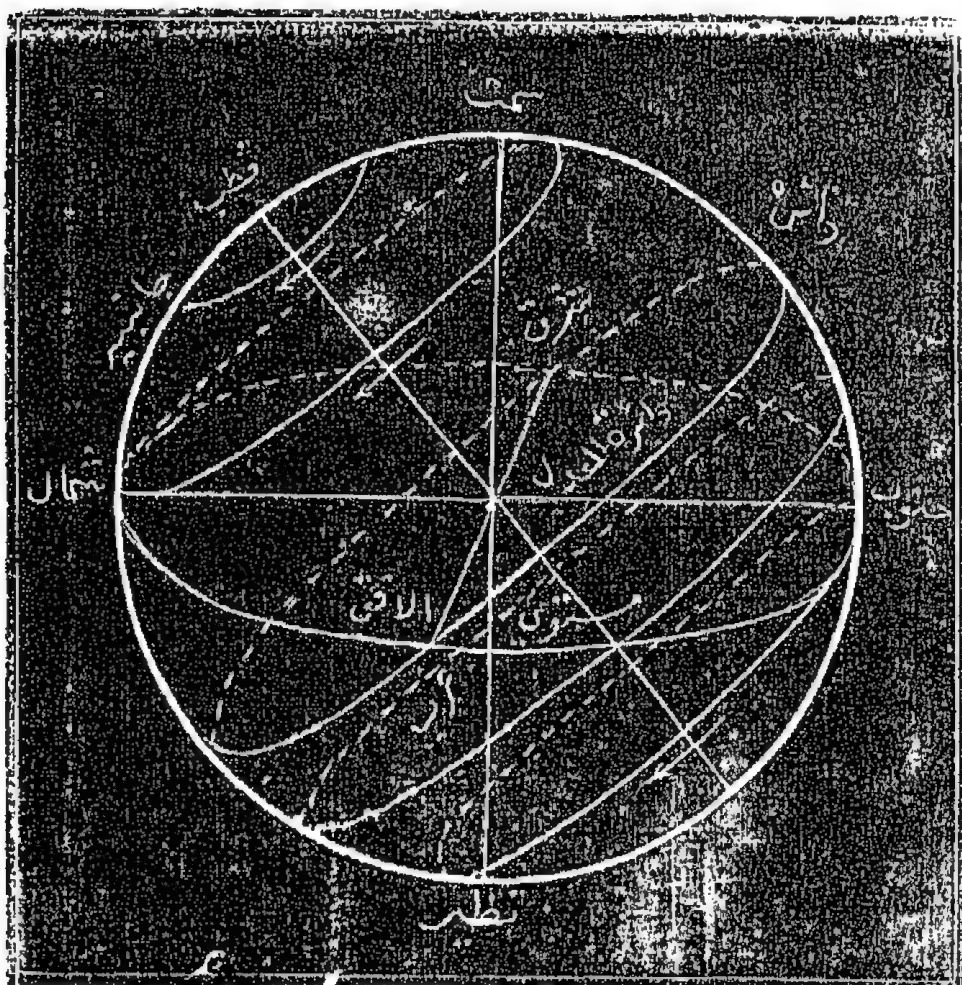
وبالعكس حينما تقرب السفينة ترى أولاً قلعوها العالية ثم القصيرة ثم هي نفسها فاذا ارتفع الرائي في لحظة اختفاء القلع العالية بسرعة فانه يرى بالثاني جزاً من المركب صغيراً أو كبيراً يأخذ في الاختفاء عنه بالثاني بمعنى ان السفينة تبقى ظاهرة له مدة من الزمن تتسع كلما اتسع الافق أى كلما كان الراصد في محل أكثر ارتفاعاً

وهذه الظواهر تحقق تحديب البحر . والشكل المستدير للافق يوصل الى اعتبار السطح كروياً لان الكرة هي الجسم الذي يرى على شكل مستدير من أى جهة نظراً اليه

وأيضاً لو كان سطح القارات مستوياً غير محدب فافق المبحلين أحدهما جهة الشمال والاخر جهة الجنوب ينطبقان ويلزم حينئذ أن ترى نجوم واحدة من هذين المبحلين مع أن الأمر ليس كذلك لان من كل منهما ترى نجوم لا تظهر فوق افق الآخر وهذا مما يثبت أن مستوى الافق يميل من الشمال الى الجنوب وتكون الارض محدبة في نفس الجهة

٣٣ - المناطق السماوية - لنبحث الآن عن تأثير انحناء سطح الارض على منظر السماء فنقول حيث علمت ان الحركة اليومية حاصلة حول خط ثابت لا يتغير ميله على افق معلوم فنعدم التغير المذكور ينتج ان نجوم ما واحدة تشرق فوق الافق في مدة دورة للارض في أى وقت من السنة ومن هذه النجوم التي تشرق وتغرب ما يرى فوق الافق ليلا ومنها ما يشرق ويغرب نهارا ولا يرى بسبب ضوئه وأما النجوم القريبة من القطب فانها لا تنزل تحت الافق مطلقا وتبقى منظورة في جميع ليالي السنة وهناك نجوم أخرى ترسم محيطاتها اليومية تحت الافق ولا ترى مطلقا في المحل المفروض فيناء على ذلك يمكن تقسيم الكرة السماوية الى ثلاث مناطق الاولى منطقة النجوم القريبة من القطب وهي أبدية الظهور والثانية منطقة النجوم التي تشرق وتغرب وظهرها في الليل مرتبطة بالوقت الذي ينظر اليها فيه من السنة والثالثة منطقة النجوم التي لا تظهر مطلقا فوق الافق وتتفصل هذه الثلاث مناطق عن بعضها بدائرتين مماسيتين للافق احدهما في الشمال وتسمى دائرة الظهور الابدی والاخرى في الجنوب وتسمى دائرة الاختفاء الابدی

٣٤ - تأثير تغير الافق على منظر السماء - الانتقال على مستوى الزوال - اذا غير



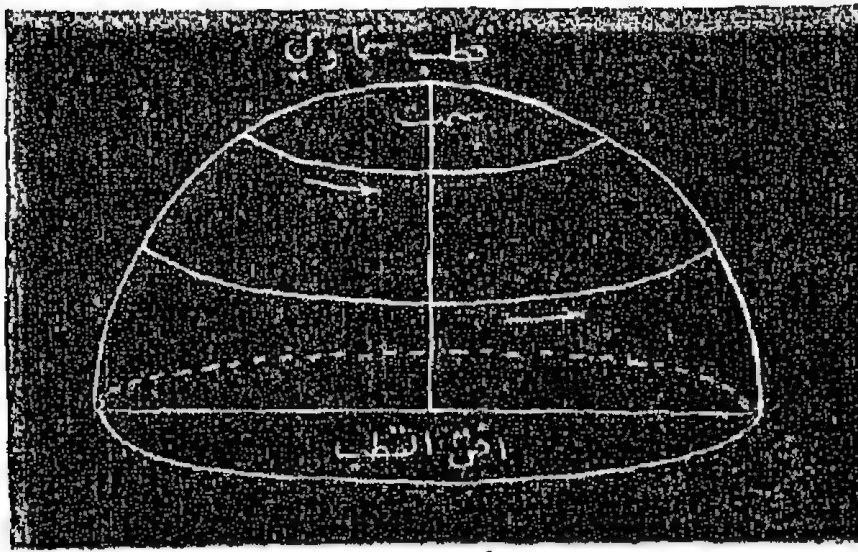
ش ٢٠

الراصد افقه بانتقاله في اتجاه خط الزوال سواء كان ذلك الانتقال من الشمال الى الجنوب أو من الجنوب الى الشمال (شكل ٢٠) وكانت الارض مستوية فلا يتغير شيء في منظر السماء وحيث ان انتقال الراصد كانه معدوم بالنسبة لبعده الكوكب العظيم عن الارض فتكون نجوم واحدة منظورة دائما فوق الافق ونجوم واحدة مختفية

تحتته ولكن لا يكون الامر كذلك اذا كانت الارض كروية لانه في هذه الحالة اذا مر الراصد من افق الى آخر بان يتوجه جهة الجنوب مثلاً فانه يحتفى تحت الافق الاول ويكتشف في جهة الجنوب نجوم من المنطقة التي لم تكن مرئية من قبل وفي جهة الشمال يرى بعض نجوم منطقة النجوم الابدية الظهور تشرق وتغرب أمامه وترد ادسة الجزء المنظور من السماء

وإذا توجه الراص جهة الشمال حصل العكس فتتسع منطقة النجوم الابدية الظهور ولكن في جهة الجنوب تصير بعض النجوم التي كانت تغرب فوق الافق مخفية تحته وتختفي عن نظره كلية وينقص الجزء المنظور من السماء وهذه هي تغيرات منظر السماء التي يراها الراصد الذي ينتقل على سطح الارض في جهة مستوى زوال حيثما اتفق

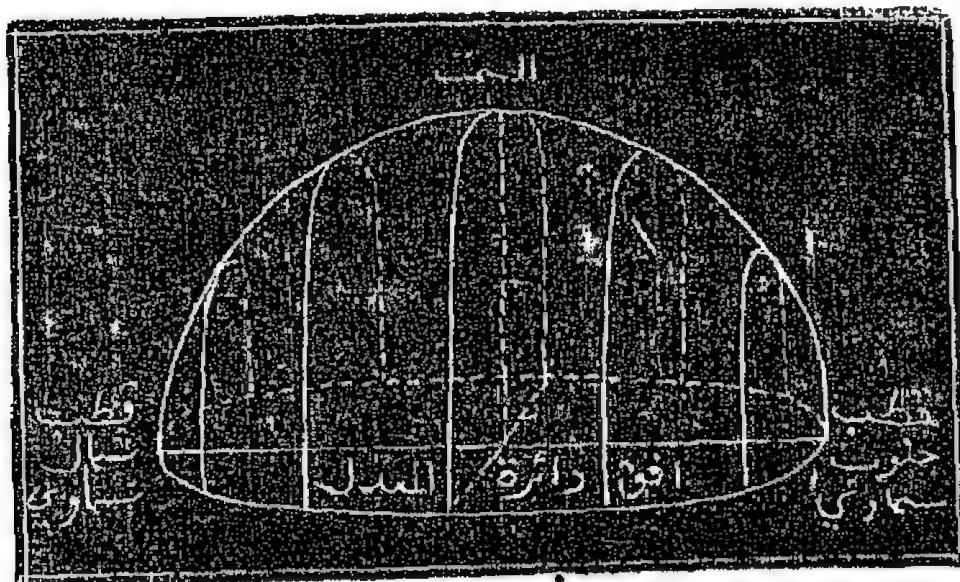
٣٥ - ارتفاع القطب يتغير من افق الى آخر - يكفي لزيادة التحقق من الظاهرة التي تكلمنا عليها رصد الارتفاع الظاهري للقطب السماوي أو للنجمة القطبية فوق الافق ففي المحرسة تكون النجمة القطبية مرتفعة عن الافق بقدر ثلث المسافة بين الافق والسمت تقريبا أعني ان محور العالم يصنع مع خط الزوال زاوية مقدارها (٣٠°) وكلما ذهب الراصد جهة الشمال ازدادت هذه الزاوية وازداد ارتفاع القطب فوق الافق وإذا أمكن



ش ٢١

الدخول في القطبين النجميين توصل الى محل فيه ينطبق القطب على السمت (شكل ٢١) وهناك تحصل الحركة اليومية للنجوم على حسب دوائر موازية للافق ولا يكون لاي نجمة منها شروق ولا غروب مطلقا ويبقى نصف الكرة السماوية غير منظور في ذلك المحل على الدوام

٣٦ - الحركة اليومية في خط الاستواء - بعكس ما تقدم كلما ذهب الراصد جهة الجنوب انخفض القطب وانتهى الراصد الى محل فيه يصير القطبان مخفيين في الافق في ان واحد وهناك تكون الاقواس اليومية المرسومة بالنجوم انصاف دوائر عمودية على الافق



ش ٢٢

ونجوم الكرة السماوية بأكملها تشرق وتغرب في مسافة يوم وهذا المحل هو خط الاستواء الارضي (شكل ٢٢) وباستمرار الذهاب جهة الجنوب يرتفع القطب الجنوبي فوق الافق بخلاف القطب الشمالي فانه ينخفض شيئا فشيئا ويختفي تحته

ويمكن الرصد أن ينتهي إلى أن يدخل في محل من الأرض فيه يصير القطب الجنوبي في السميت
وتجري نجوم النصف الثاني من الكرة السماوية الحركة اليومية على حسب دوائر موازية
جميعها للأفق

٣٧ - قد ينفى ما تقدم أن الأرض كروية وانما بمنزلة في الفراغ ولكن ربما اعترض
ذلك وقيل كيف يمكن أن تبقى الأرض معقدة بدون حامل وتبقى السكان والأشياء الشاغلة
لسطحها ساكنة على جوانبها ومن أسفها فنقول ان دفع هذا الاعتراض لا يعسر على من
كان له الملم بالعلوم الرياضية والطبيعية

فإن الجسم الثقيل المتروك ونفسه متى زاد ثقله عن ثقل حجم الهواء الذي يحل محله فإنه يهبط
من أعلى إلى أسفل في اتجاه رأسى المحل وقوانين هذه الحركة معلومة ومعلوم أيضا ان سقوط
الأجسام ينسب للتأثير الثابت لجسم الأرض أولئك التماهي يحصل هذا التأثير كما لو اعتبر أن جميع
هذا الجسم مجتمع في مركز الكرة الأرضية وجاذب نحو هذا المركز جميع الأجسام الموضوعة
على سطحها أو خارجة عنها

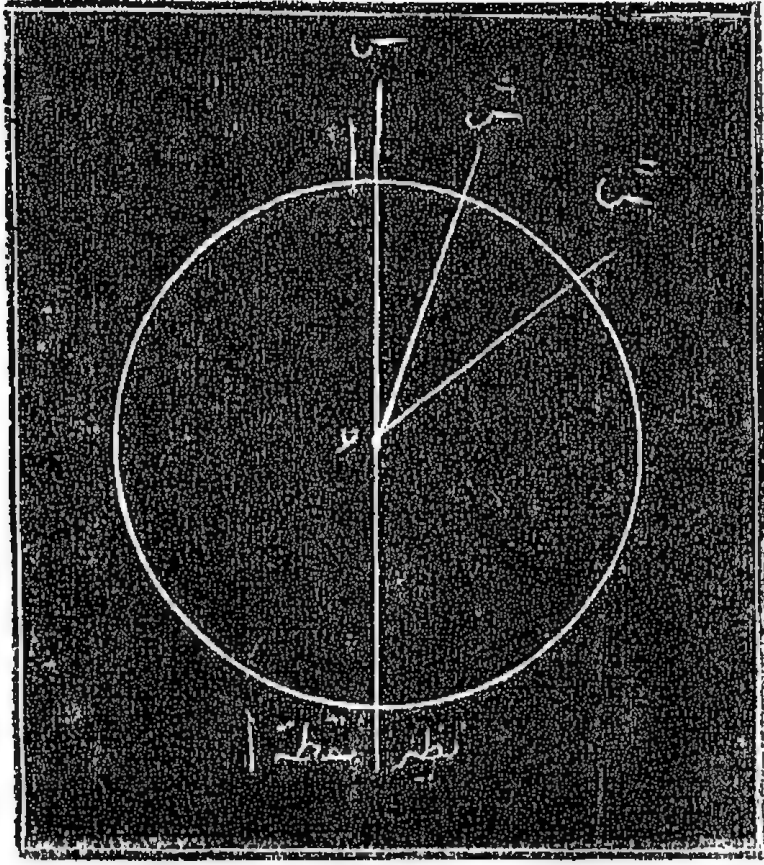
ولا يخفى أيضا ان ارتفاع الأجسام الأخف من طبقات الجو والسفلى كالخان والقبعة الطائرة
المملوءة بغاز ما ارتفاعا رأسيا عوضا عن سقوطها هي ظاهرة تتعلق بشروط موازنة السائلات
الواقعة تحت فعل التشاقل ولا شك في أنها نتيجة جذب الأرض أيضا

وحينئذ يؤثر جذب الأرض من مركزها على جميع نقط محيطها واتجاه هذه القوة هو دائما اتجاه
رأسى كل نقطة

وحيث ان الأرض كروية فممن افق إلى آخر تغير الرأسى بدون أن نشعر بتغير اتجاهه
وهذا التغير حقيقى انما لما كان الاصطلاح على الأعلى والأسفل أمر نسبيا وانما ينسبان
بالضرورة في كل افق إلى نفس رأسى هذا الافق فلهذا نعتبر المحل الذي نحن به هو قمة الكرة
وبما ان جميع الأجسام الثقيلة منضغطة بسبب جذب الأرض أو بتأثير التشاقل على سطح
الكرة في كل نقطة منها فينتج من ذلك أن الأعلى والأسفل ولا جوانب الكرة كالارض

٣٨ - النظائر - كل نقطة من الكرة الأرضية لها نظير وهي النقطة الموجودة في الطريق
الآخر من القطر المار بها التي افقها يكون موازيا لافق النقطة الاولى انما رأسيا نقطة ونظيرتها
متجهان إلى جهتين متضادتين . وحينئذ فلا عجب اذا رأينا سكان النقطة المناظرة لنا رؤسهم
إلى أعلى وأقدامهم إلى أسفل . ومركز الجذب المشترك (شكل ٢٣) يؤثر علينا وعليهم
بكيفية واحدة ويحفظ الأجسام على السطح بواسطة ثقلها وهذا الضغط بعينه هو الذي

يحفظ الجو ومياه البحر في جميع الكرة الأرضية بحيث أن البحر والقارات والهواء تكون مع الطبقات الداخلية من الأرض كتلة واحدة مستديرة من جميع الجهات وتحيط بها السماء من كل جانب



ش ٢٣

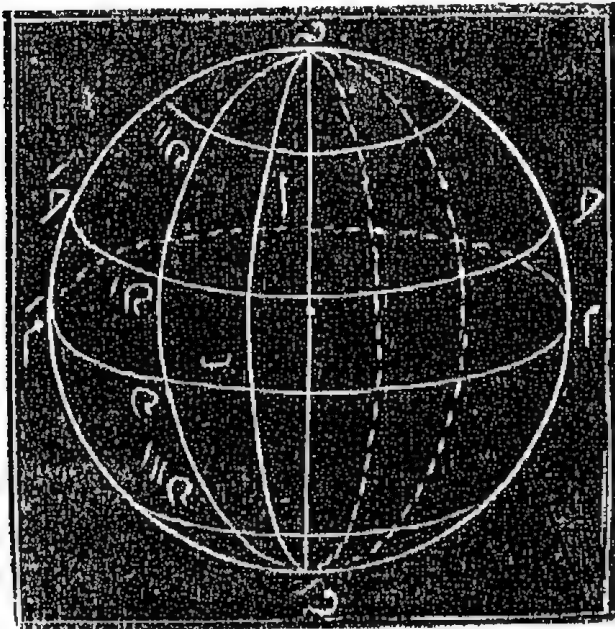
وأما عدم سقوط الأرض في الفراغ فالحقيقة كما سنرى فيما بعد أنها تتحرك وترسم بسرعة عظيمة منحنيًا حول الشمس فإذا انقطع تأثير المركبة المماسية لاتجاه الحركة لانتجبت الأرض نحو الشمس بسرعة متزايدة ووقعت على سطحها وتكون قوانين سقوطها هي عين قوانين سقوط جسم ثقيل على سطح الأرض

الفصل الثاني

الطول والعرض الجغرافيين - تعيينهما

٣٩ - الاقطاب الأرضية - خط الاستواء - الأرض مستديرة وذات شكل كروي تقريبًا وهي تدور حول أحد أقطارها الثابت الاتجاه في الفراغ في مسافة يوم تقريبًا ويسمى هذا القطر محور العالم إذا اعتبر بالنسبة للحركة اليومية الظاهرية للكرة السماوية

ويبقى حينئذ نقطتان من سطح الأرض غير متحركتين وهما طرفا محور الدوران أو القطبان الأرضيان و و ق (شكل ٢٤)



ش ٢٤

فإذا تصورنا من مركز الأرض مستويًا عموديًا على المحور فإنه يقسم الكرة الأرضية إلى نصفين كرتين ويحدث فيها دائرة عظيمة م م محيطها يسمى خط الاستواء فنصف الكرة المشغل على القطب الشمالي يسمى نصف الكرة الشمالي والمحتوى على القطب الجنوبي يسمى نصف الكرة الجنوبي

وكل دائرة مثل ح ح مرسومة على سطح الأرض وموازية لخط الاستواء تسمى موازية

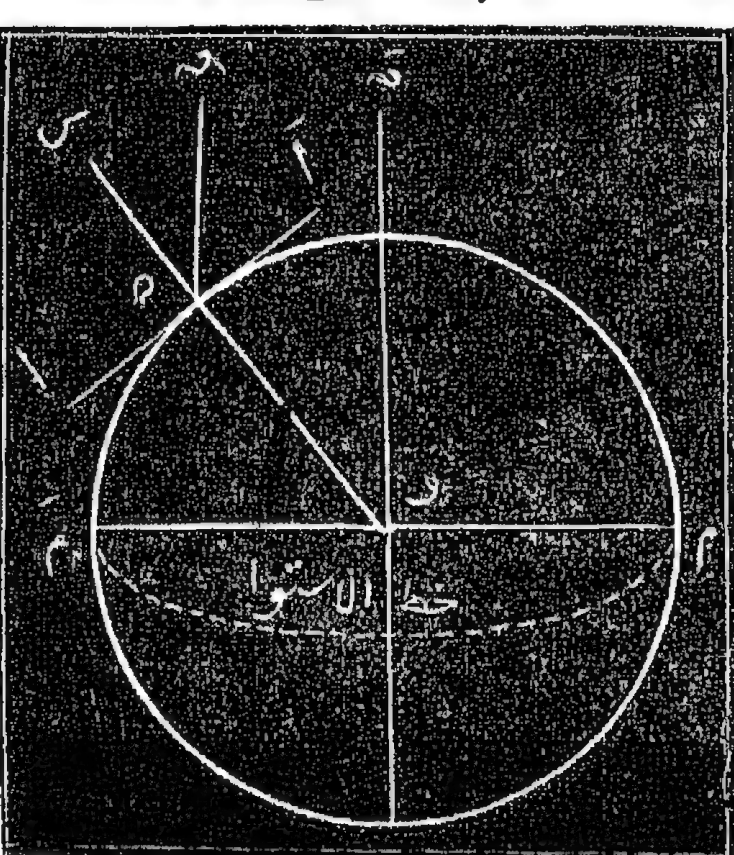
ومن البديهي أن خط الاستواء هو أكبر الموازيات وأن أنصاف أقطار الموازيات الأخرى تأخذ في النقص كلما نقصت أبعادها عن أحد القطبين

والمستوى المار بمحور الأرض يقسمها قسمين متساويين ويقطع سطحها في خط يكاد أن يكون محيط دائرة ويسمى هذا المستوى بالمستوى الجانبي والمنحني $\text{و د و د و د و د و د}$ هو الخط الجانبي أو خط نصف النهار في آفاق المخلات $\text{و د و د و د و د و د}$

٤ - الاحداثيات الجغرافية للمحل - الطول - يتعين وضع محل ما من سطح الأرض بغاية الضبط بواسطة المستويات الجانبية والموازيات ولأجل ذلك يجعل مستوي جانبي معلوم مبدأ وفي فرنسا يجعل هذا المستوى هو المستوى المار برصدخانه باريس وفي إنجلترا المار برصدخانه جرينويش وفي مصر المار برصدخانه المحروسة ثم تقاس الزاوية التي يصنعها المستوى الجانبي للمحل المقروض مع المستوى الجانبي المتخذ مبدأ وتسمى هذه الزاوية طول المحل ولتقديرها يقسم خط الاستواء إلى درج ودقائق وثوان وتحسب عليه مبتدأ من المستوى الجانبي المتخذ مبدأ المار بنصف القوس تقاسيم نحو الشرق أو الغرب على حسب كون المحل المقروض شرقي أو غربي المستوى الجانبي المذكور وعليه يكون طول نقطة مثل أ هو القوس ب و (شكل ٢٤) وجميع النقاط الأرضية الكائنة على نصف خط جانبي واحد تكون ذات طول واحد ويتغير الطول حينئذ من ٠ إلى ١٨٠

٤١ - العرض - القوس أ ب من الخط الجانبي المار بالنقطة أ مبينا بدرج ودقائق وثوان وهو بعد هذه النقطة عن خط الاستواء مأخوذاً على الخط الجانبي المار بها يسمى عرض النقطة أ (شكل ٢٤)

وتحسب العروض من ٠ إلى ٩٠ وتكون شمالية وجنوبية موجبة وسالبة على حسب كون النقطة المقروضة في نصف الكرة الشمالي أو في نصف الكرة الجنوبي وجميع النقاط الأرضية



ش ٢٥

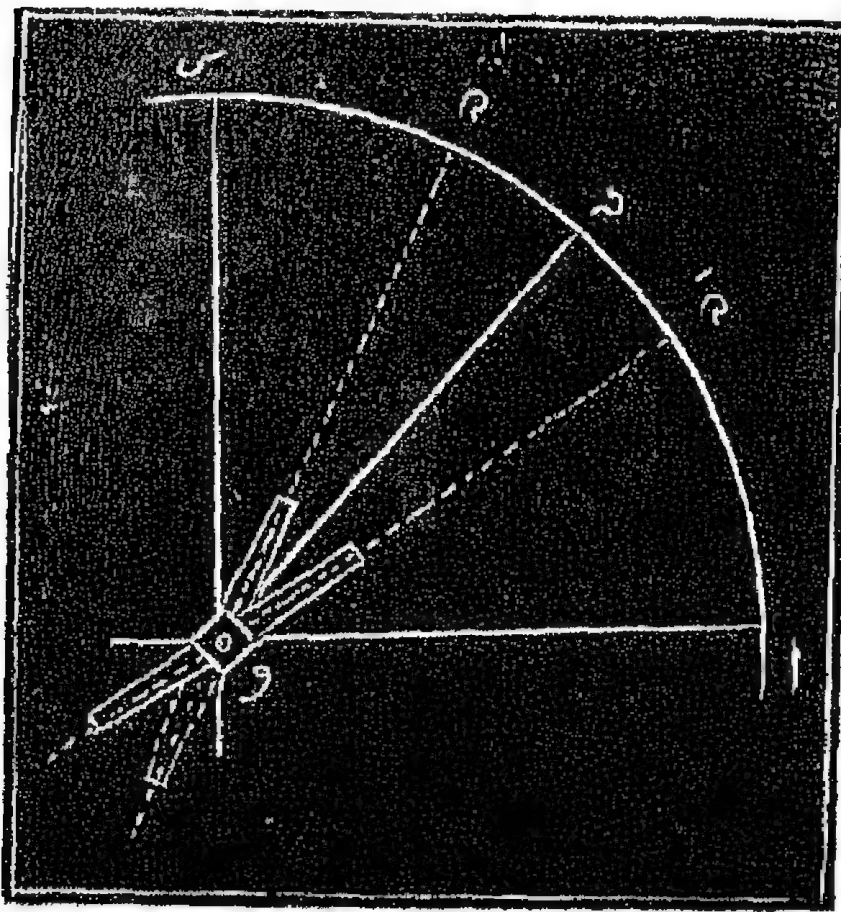
الموجودة على مواز واحد تكون ذات عرض واحد

٤٢ - العرض يساوي ارتفاع القطب - قياس عرض محل يسهل بعد معرفة أنه يساوي ارتفاع القطب عن أفق هذا المحل وبيان ذلك أن الزاوية و د و م (شكل ٢٥) الموجودة في مركز الأرض المحصورة بين الرأس س د و ونصف القطر م و وخط الاستواء تقدر بالقوس د م وحيث أن ضلعي هذه الزاوية عموديان على

٥ - قسموغرافية

الخطين $ق و$ و $د آ$ يكون العرض مساويا للزاوية $ق و د آ$ الواقعة بينهما وحيث ان ضلعي هذه الزاوية الاخيرة هما خط الزوال $د آ$ للمحل والخط الواصل بين النقطة المعروفة $د$ والقطب السماوي تكون هي الارتفاع الزاوي للقطب عن الافق وبناء على ذلك يماس ارتفاع القطب فوق افق المحل ويكون هو عرض المحل المطلوب

٣٤ - قياس العرض - وقد يقاس مباشرة متم ارتفاع القطب أعني الزاوية $س و ق$



ش ٢٦

التي هي بعده السمتي بواسطة النظارة الزاوية بأن ترصد نجمة أبدية الظهور مثل $د$ (شكل ٢٦) في لحظة مرورها العلوي بمستوى الزوال وتعين الزاوية $س و د$ ثم في لحظة مرورها السفلي به وتعين الزاوية $س و د$

وحيث ان النجمة رسمت دائرة حول القطب يكون $ق و د = ق و د$ بمعنى أن محور العالم $ق و$ ينصف الزاوية $د و د$ ويحدث

$$ق س = ق و + د و = ق و + \frac{1}{2} (س و د - س و د) = ق و + \frac{1}{2} (س و د + س و د)$$

أعني ان البعد السمتي للقطب يساوي نصف مجموع البعدين السمتين لنجمة أبدية الظهور في مرورها العلوي والسفلي بمستوى الزوال

ومتى علم البعد المذكور يطرح من ٩٠° فيتحصل على ارتفاع القطب أو على عرض المحل (١)

٤٤ - فرق طولى محليين بزمان نجمي - قد ذكرنا أن مبدأ اليوم النجمي يحسب من اللحظة التي تمر فيها نقطة معلومة من دائرة المعدل بمستوى الزوال وفي هذه اللحظة بين البندول النجمي المضبوط $ب د س$

لكن من الواضح انه اذا مر من مستوى الزوال المحررفيه ذلك البندول الى مستوى زوال آخر واقع غربيه مثلاً اختلفت الساعة لان الحركة اليومية لا تجعل مستوى الزوال الثاني منطبقاً على الدائرة الساعية لئلا نقطة الاندفاع لا بعد انطباق الاول عليها بزمان ما

(١) في البحار يقاس ارتفاع القطب بآلة مخصوصة تسمى السكستان برصد النهاية العظمى لارتفاع كوكب ميله معلوم فوق افق البحر وشرح الآله المذكورة لا يسعه هذا المختصر

وذلك انه لما كانت الكرة السماوية تدور بحركة منتظمة حول خط القطبين وتتهافت في ٢٤ ساعة نجمية فاذا فرض أن في جميع النقط الارضية تكون الساعات محررة على مرور كوكب واحد بمستويات زوايا المتناظرة فالكوكب في حركته اليومية يمر على التعاقب بجميع مستويات الزوال ودائرة ميله أو الدائرة الساعية له تقطع خط الاستواء الارضي باعتبار ١٥ في الساعة و ١٥ في الدقيقة و ١٥ في الثانية وينتج من ذلك انه اذا كان خط طول محل واقعا شرق محل آخر على بعد ١٥ منه فان النجمة تمر بمستوى زوال المحل الآخر بعد أن تمر بزوال المحل الاول بقدر ساعة واذا كانت ساعة المحل الاول ٨ مثلاً تكون ساعة المحل الثاني ٩ ويوجد حينئذ فرق قدره ساعة مقابل مسافة في الطول قدرها ١٥ وكذا يقابل فرقاً في الطول قدره ١٥ أو ١٥ فرق في الزمن قدره دقيقة أو ثانية وبناء على ذلك يتحصل على فرق طولي لمحلين بضرب فرق زمني هذين المحلين بميلنا بساعات ودقائق وثوان نجمية في ١٥

واذا كان أحد المحلين موجوداً على مستوى الزوال المتخذ مبدءاً فان فرق الساعات هو طول المحل الآخر

وحينئذ نفسالة قياس الاطوال تؤل الى المسئلة الآتية وهي

أن تعلم في آن واحد في لحظة واحدة طبيعية ساعة مستوى زوال المبدأ وساعة مستوى زوال المحل المراد معرفة طوله والطرق المستعملة لذلك كثيرة ونقتصر على ذكر أربعة منها

٤٥ - تعيين الاطوال بالاشارات النارية - لاجل ذلك تحرق كمية من البارود ليلا في نقطة متوسطة بين المحلين بشرط أن ترى من كل منهما أو يطلق مدفع في لحظة حصول الضوء يعلم كل راصد ما بينه ساعتها وأما اذا كان المحلان متباعدين كثيراً فتؤخذ جله أو ضاع واشارات متوسطة بينهما - فما اذا كان المحلان على خط زوال واحد لم يوجد فرق في زمنيهما والا وجد فرق في زمنيهما هو فرق طولي المحلين مقدر بالزمن ثم يحول الى درج ودقائق وثوان . ولزيادة الضبط تكرر العملية ثم يؤخذ متوسط النتائج المتحصلة . وهذه ملحوظة تستعمل في الطرق الاخرى

٤٦ - تعيين الاطوال بالتلغراف - اذا كان المحلان متصلين بخط تلغرافي يرسل أحد الراصدين الى الراصد الآخر اشارات كهربائية في وقت يعينه بالساعة والدقيقة والثانية ويعلم الراصد الآخر الساعة والدقيقة والثانية الموافقة لكل اشارة أيضاً ولكون سرعة

الكهربائية عظيمة جدا وقد رها يزيد عن ٢٥٠٠٠ فرسخا في الثانية تعتبر لحظة اعطاء
الاشارة من أحد المحايين ووصولها الى المحل الآخر واحدة فنرى الزمنين محولا الى درج
وكسورهم يبين فرق طولى المحايين

٤٧ - تعيين الاطوال بواسطة الكرونومترات - يستعمل البحريون والسواحون
الكرونومترات وهى ساعات مضبوطة جدا ولا يجاد طول محل أو جهة محلات يضبط الكرونومتر
على زمن المحل المعتبر مبدأ للاطوال كالمحروسة مثلا ثم يعين خطوه بغاية الدقة ثم ينقل
الكرونومتر الى المحلات الاخرى ويقارن بالساعات الموجودة بها وحيث ان الكرونومتر يصلح
على زمن المحل المعتبر مبدأ وخطوه معلوم فيعلم به فى كل وقت زمن المحل الاصلى ومن هذه
المقارنة يعلم الفرق بين زمن المحل الاصلى وأزمنة المحلات الاخرى وبالتحويل يتحصل على
أطوالها بالنسبة للمحل الاصلى

٤٨ - تعيين الاطوال بواسطة الظواهر السماوية - يوجد من ضمن الظواهر الفلكية
ما يرى فى لحظة واحدة من جميع بقاع الارض ولا مكان الاخبار به اقدم ما تذكر فى التقاويم
مع وقت حصولها فى محل معلوم وهذه الظواهر هى مثل كسوف توابيع المشتري
ومن البديهي انه برصد هذه الظواهر بحسب طول المحل الحاصل فيه الرصد بمثل طريقى
الاشارات النارية والتلغرافية

الفصل الثالث

فى تبسيط الارض - شكلها وابعادها

٤٩ - أبعاد الارض بفرض انها كروية - قد اعتبرنا فيما سبق ان الارض كروية
وصرفنا النظر عن عدم الانتظام الذى ينشأ عن الاراضى والوديان والجبال والانحدارات
أعنى فرضنا ان سطحها من جميع الجهات فى استواء البحار . فبهذا الفرض تكون
المستويات الجانبية دوائر عظيمة من الكرة وكذلك خط الاستواء وتكون جميعها متساوية .
ولكن للحصول على الابعاد الحقيقية للارض يكفى قياس جزء معين من أحدها هذه الدوائر
كطول قوس درجة أو درجتين أو ثلاث درجات مثلا ليس يخرج بواسطة الحساب طول المحيط
بأكمله

فإذا كان L طول درجات عددها n يكون طول المحيط هو $\frac{L \times 360}{n}$ وأما نصف قطر الكرة الأرضية المرموز له بالحرف r فيكون مقداره هو

$$r = \frac{L \times 360}{2\pi}$$

وبواسطة هذه الطريقة قد حسب الفلكي اليوناني (إراتوستين) للمحيط الأرضي طولاً قدره ٢٥٠٠٠٠ استاد (٤٥ مليون متر) وهو أكبر من الحقيقة بقدر التسع) بأن قاس فرق عرضي مدينة (سين) بالصعيد واسكندر به اللتين كانت المسافة بينهما معلومة واستخرج ذلك العدد الذي ذكرناه

وأما الطريقة التي اتبعها الحكيم الفرنسي (فرنل) وشرع فيها سنة ١٥٥٠ لقياس طول درجة من خط جانبي فهي أنه وشيخ إحدى عجالات عربته بعدد و قطع المسافة الواقعة بين أمين وباريس على حسب الخط الجانبي ووجد لطول قوس مقداره درجة ٥٧.٧٠ ثواناً وبفرض كروية الأرض فإن هذا المقدار يعطى أطول الخط الجانبي ٤٠٠٤٣٠٠٠ متراً تقريباً وهو قريب من النتائج التي استحصل عليها أخيراً

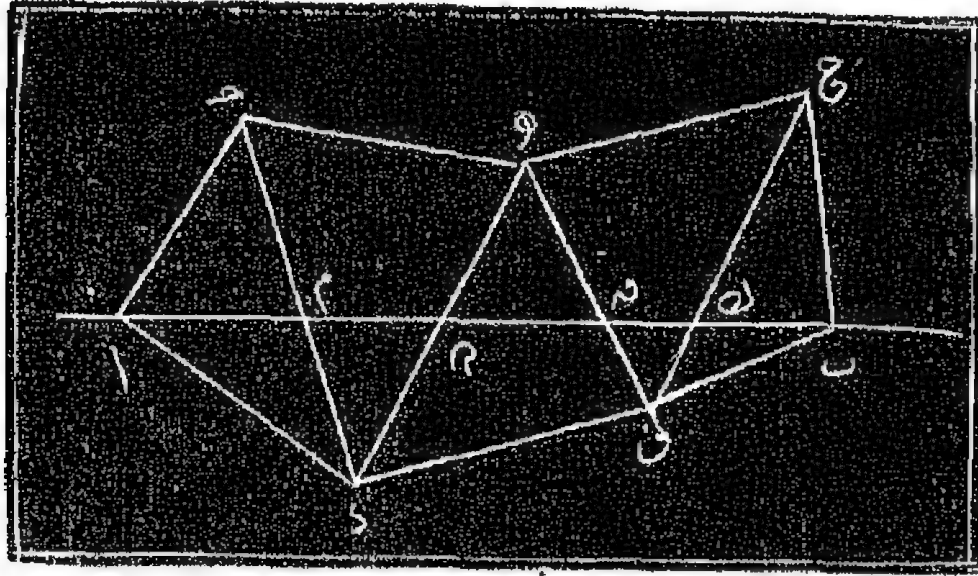
٥٠ - تعيين شكل خط جانبي - لتعيين الشكل الحقيقي لخط جانبي لا يكفي قياس طول قوس درجة واحدة في عرض حيثما اتفق بل يلزم تكرار العملية على جميع امتداد الخط الجانبي وإن استحال ذلك فعلى نقط متباعدة بالكفاية وعلى أقواس كبيرة ليوصل إلى القانون الذي تتبعه الأطوال المتتالية للأقواس التي كل منها θ وإلى معرفة الشكل الحقيقي للمنحنى الجارى عليه العمل

ولكن قياس قوس من خط جانبي يحتاج لعمل طويل وحسابات كثيرة ومع ذلك فحرصاً على عدم ضياع الفائدة لنخص الطريقة المستعملة لذلك

٥١ - قياس قوس من خط جانبي - السلسلة المثلثية - إذا أردنا قياس قوس الخط الجانبي المحصور بين محلين حيثما اتفق يجب قبل كل شيء البحث عن سعة هذا القوس ويكفي بعد معرفة العرض الجغرافي لكل من المحلين أن يطرح أحد العرضين من الآخر وطريقة تعيين عرض أى محل سبق أيضاً

ثم يلزم قياس طول جزء الخط الجانبي المحصور بين المحلين المتطرفين وهذه عملية صعبة ولا يتيسر اجرائها مباشرة لأن عدم تساوي الأراضي لا يتأتى معه قياس خط طويل لا يمكن تخطيطه على الأرض بالتحقيق والطريقة المستعملة هي السلسلة المثلثية وهالك شرحها

يمكن أن يكون الجزء من الخط الجانبي المراد قياسه (شكل ٢٧) فإذا كانت الأرض



شكل ٢٧

مستوية بجوار نقطة أ تخط قاعدة مثل أ ح تقاس بغاية الدقة ثم ينتخب في جهتي القوس أ ب أوضاع د و هـ و ف و ع بحيث يمكن من كل منها رؤية الأوضاع المجاورة جلياً بنظارة التيودوليت بجميع المستويات

الرأسية التي تجمع هذه النقاط ببعضها تقطع المستوى الأفقي في الخطوط أ د و ح د و ... ويتكون عنهما يسمى سلسلة مثلثية

فالهندس الموجود في أ يقيس بالتيودوليت الزاويتين ح أ د و ح أ م ثم ينتقل في ح و يقيس الزاويتين أ ح د و د ح هـ ثم في د و يقيس الزاويتين ح د هـ و هـ د ف ثم في هـ و يقيس د هـ ف و ح هـ ف وهكذا

إذا تقرّر هذا فن المثلث ح أ د يعلم الضلع ح أ ومجاورتاه من الزوايا فيمكن حله وحساب الضلع ح د وفي المثلث ح أ م يعلم الضلع ح أ ومجاورتاه من الزوايا فيمكن حساب الجزء أ م من الخط الجانبي (أو خط نصف النهار) وكذلك الضلع ح م والزاوية ح م أ وحيث علم ح د و ح م ففرقهما يعطى م د ويمكن حل المثلث م د د الذي يعلم منه الضلع م د ومجاورتاه من الزوايا وبهذه المثابة يتوصل على الجزء الثاني م ن ثم يحسب د ن والزاوية م ن د ويحل المثلث ح د هـ المعلوم فيه الضلع ح د ومجاورتاه من الزوايا ويحسب منه الضلع د هـ ويعلم د هـ = د هـ - د ن ويحل المثلث ن هـ د ويحسب الجزء الثالث ن و من خط نصف النهار والاستمرار على ذلك يتوصل إلى حساب الطول أ ب جزأً جزأً

فإذا استحال قياس القاعدة أ ح مباشرة تقاس قاعدة أخرى بجوار نقطة أ لكن يلزم حينئذ ربط هذه القاعدة الأخيرة بالسلسلة الأصلية بمساعدة سلسلة تحسب أجزاؤها بالطريقة التي ذكرناها

٥٣ - أطوال أقواس مقدارها درجة واحدة في عروض مختلفة - فرق عرضي جزيرة (فرمنترا) ورصدخانه (جرينويس) في إنكلترا هو ٤٧ ١٢ فالأطوال المتوسطة لستة

أقواس من الخط الجانبي المحصور بين هاتين النقطتين طول كل قوس منها درجة واحدة هي (١)

أقواس	عروض متوسطة	طول قوس ١ بالمتر
من بحر ينويس الى دنكرك	١٥ ٥١	١١١٢٨٥,٣٥
من دنكرك الى بنتيون	٥٦ ٤٩	١١١٢٦٥,٩٨
من بنتيون الى ايثو	٣١ ٤٧	١١١٢٣٠,١٨
من ايثو الى كركسوه	٤٢ ٤٤	١١١٠٥٠,٩٧
من كركسوه الى منتجوى	١٧ ٤٢	١١١٠١٨,٠٣
من منتجوى الى فرمنترا	١ ٤٠	١١١٠٠٨,١٣

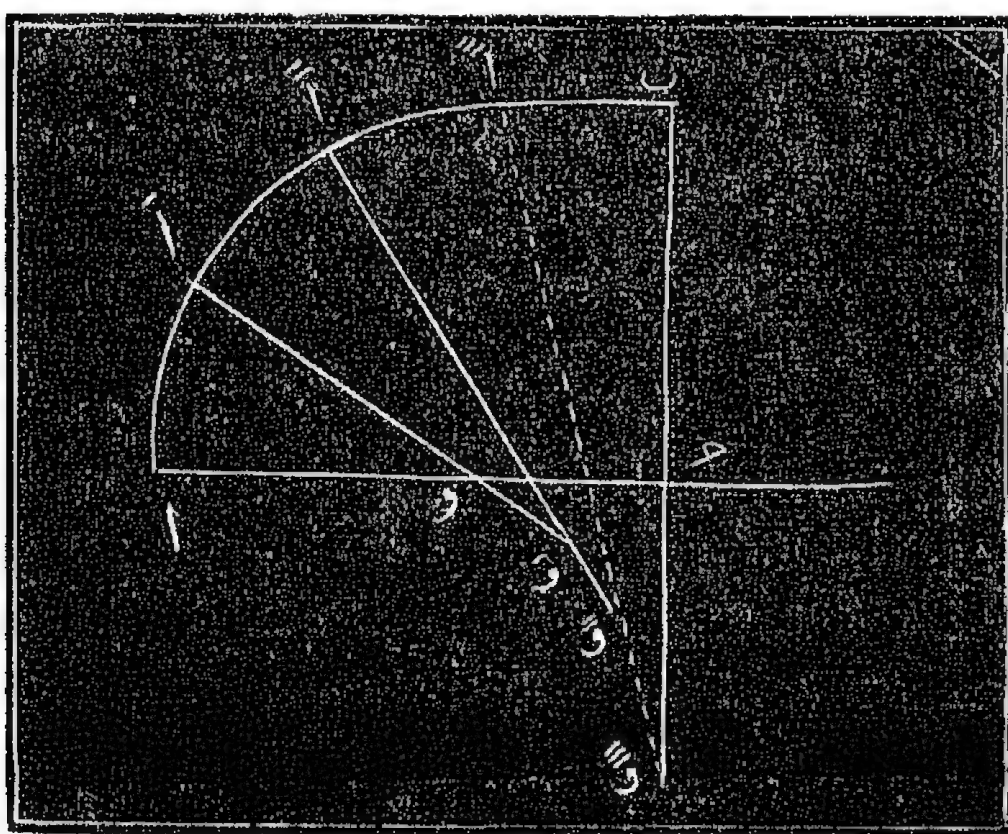
ويتبين من هذا الجدول ان طول قوس ١ يتناقص بنقصان العرض والنتيجة بعينها اذا قورنت أقواس الخط الجانبي المأخوذ في عروض مختلفة من نصف كرة وبالفعل قد وجدت الاعداد الآتية لطوال قوس ١ بالابتداء من الدائرة القطبية لغاية خط الاستواء

المحلات أو الاقواس التي قياست	عروض متوسطة	طول قوس ١
لايونيا	٢٠ ٦٦	١١١٤٧٧
الروسيا	٢٥ ٥٦	١١١٣٦٠
انكلترا	٢ ٥٢	١١١٢٢٤
فرانسا واسبانيا	٨ ٤٦	١١١١٤٣
الهند الشرقي	٣٧ ٢٢	١١٠٦٦٨
بنغال	٣٢ ١٢	١١٠٦٣١
بيروا	٣١ ١	١١٠٥٨٢

٥٣ - شكل الخط الجانبي قطع ناقص - يرى من هذا الجدول ان طول قوس ١ من خط جانبي يأخذ في الازدياد بازدياد العرض أو كلما ابتعد عن خط الاستواء واقترب من القطب وجميع الاقيسة التي اجريت في نصف الكرة رنما عن الموانع الارضية كانت جميعها مؤكدة لذلك

(١) هذه الاطوال استحصل عاينها مقدرة بالتوازي لان القاعدة المترية لم تكن وقتئذ وليكن موضعها هنا بالمتر

وحيث نأخذ القول بكروية الأرض غير صحيح والمستويات الجانبية ليست دوائر بل هي منحنيات مبططة في جهة خط القطبين فهي تقرب من أن تكون قطوعاً ناقصة محورها الأصغر هو الخط المذكور ويحصل على شكل الأرض بتدوير القطع الناقص حول محوره القطبي ويحدث مجسم القطع الناقص المتحرك المبطط وأما نصف المحور الأكبر للقطع الناقص المذكور فإنه يرسم مستوى خط الاستواء ومن الأقيسة المذكورة يمكن تخطيط منحني خط جانبي بالضبط وذلك أن نأخذ طولاً اختيارياً $و = ١$ مبيناً لنصف قطر خط الاستواء الأرضي المعالم ثم نجعل $و$ مركزاً ونرسم بنصف القطر المذكور قوس دائرة ونقطع عليه عدداً ما من الدرج مثل $د$ وليكن $أ$



ش ٢٨

(شكل ٢٨) هو القوس المذكور فيمكن حساب نصف قطر القوس $أ$ التالي الذي عدد درجه $د$ أيضاً لان طول هذا القوس صاقياسه ويكون نصف القطر الجديد مبيناً بالتناسب

$$\frac{و}{أ} = \frac{أ}{د}$$

ثم يؤخذ على $أ$ و طول $أ$ و مساو لنصف القطر الجديد ثم من نقطة $و$ مركزاً ونصف قطر $و$ $أ$ نرسم قوساً جديداً $أ$ $أ$ ويؤخذ عليه درج مساو $د$ وبحسب نصف قطر القوس التالي وهكذا إلى أن يتم رسم ربع الخط الجانبي ويرى أن المنحني $أ$ يكاد أن ينطبق على ربع قطع ناقص نصف محوره الأكبر $د$ ونصف محوره الأصغر $و$

٥٤ - تبسيط الأرض - لأجل تميم تعيين شكل الأرض وأبعادها ينبغي حساب طول نصف المحور الأصغر ونصف القطر القطبي وطول نصف المحور الأكبر ونصف قطر خط الاستواء ولقد استخرجت هذه الأطوال من النتائج التي استحصل عليها بقياس أقواس من الخط الجانبي في عروض مختلفة وسيأتي بيان مقاديرها بالامتار . ويتعلق شكل المجسم الناقص بالنسبة بين طول محوريه الأكبر والأصغر أو الكسر الذي يقاس به التبسيط ونسبة الفرق بين نصف قطر خط الاستواء ونصف القطر القطبي إلى نصف قطر خط الاستواء نفسه تسمى تبسيطاً فإذا كان $أ$ رمزاً لنصف قطر خط الاستواء $و$ نصف المحور الأكبر للقطع

الناقص الجانبي و ب لنصف القطر القطبي أو نصف المحور الأصغر له يكون تبسيط الأرض
مبيناً بالمقدار $\frac{1}{292}$

وباعتبار الأقيسة الجديدة التي أجريت على أقواس من الخط الجانبي يكون مقدار تبسيط
الأرض اليوم هو $\frac{1}{292}$

ومن ذا يرى أن نصف قطر خط الاستواء يزيد عن نصف القطر القطبي بقدر جزء واحد من
٢٩٢ جزءاً من مقداره المخصوص فإذا أخذت كرة صناعية وجعل قطرها الاستوائى ٢٩٢ ملليمتراً
يجب أن يعطى لمحور القطبين ٢٩١ ملليمتراً ويكون الفرق بين المحورين هو ملليمتر واحد وهو
وان كان لا يدرك بالنظر ولكنه ذا أهمية علمية عند الفلكيين والمهندسين (١)

٥٥ - الأبعاد الحقيقية للمجسم الناقص الأرضى - ينتج من الأعمال التى أجريت
لتعيين طول الدرجات أن للقطع الناقص الجانبي انفراداً كلياً يزيد عن ٤٠ مليون متراً
ونصف قطر خط الاستواء هو تقريباً ٦٣٧٨٤٠٠ متر ونصف القطر القطبي هو ٦٣٥٦٥٠٠ متر
ونصف القطر المتوسط بينهما أو نصف قطر الأرض معتبرة كروية هو ٦٣٧١٠٠٠ متراً
وحينئذ فسمك الانخفاض الاستوائى هو تقريباً ٢١٩٠٠ متراً وبعبارة أخرى أن التبسيط
الكلى للكرة الأرضية هو ٤٤ كيلومتراً

٥٦ - عدم انتظام العوالى الأرضية - ارتفاع الجبال وعمق البحار - العوالى
الأرضية غير منتظمة فإن بعض القارات مرتفع كثيراً عن سطح البحر وبعضها منخفض قليلاً
والارتفاع المتوسط للأرض فوق تسوية البحر لا يقل عن ٣٠٠ متراً أعنى جزءاً من عشرين
ألف جزء من نصف القطر المتوسط تقريباً

وأعلى الجبال المعروفة لا يزيد ارتفاعه فوق تسوية البحر عن ٩٠٠٠ متراً وهذا المقدار هو
جزء من سبع مائة جزء من نصف قطر الأرض وعلى كرة نصف قطرها متر لا يزيد ارتفاع أعلى
الجبال كجبال هيمالايا عن السطح العموى بأكثر من ملليمتر ونصف (١٤ ملليمتر) وأغلب
العلاوى الأخرى يستحيل تمييزها تقريباً ولا يصح لنا حينئذ أن نشبه هذه الجبال بالنسبة
للأرض بتضاريس البرقانة كما هو الجارى لانها فى الحقيقة أقل من ذلك

وأما العمق المتوسط للبحار فيبلغ ٦٠٠ متراً ونهايته العظمى تبلغ ١٠٠٠٠ متراً

(١) تبسيط الأرض عند قطبيها وانخفاضها عند خط الاستواء ناشئ عن سيولتها فى الأصل ونتيجة تأثير فعل
القوة الطاردة المركزية الحادثة من الحركة الدورانية والسيارات التى هى المشتري وزحل التى حركتها
الدورانية أسرع من حركة الأرض تبسيطها أعظم من تبسيط الأرض

وبعرفة المقادير المتقدمة لانصاف الاقطار يتوصل الى معرفة سطح الارض وحجمها فيوجد
أن السطح الكلى للارض يحتوى تقريبا على ٥٠٩ مليون كيلومترا مربعا وتشغل مياه البحر
من هذا السطح ٣٨٣.٠٠٠.٠٠٠ كيلومترا مربعا والباقي وقدره ١٢٦ مليون للقارات
والجزائر بمعنى انها تكون ربع السطح الكلى للارض
وأما حجمها فانه يزيد عن ألف مليار كيلومتر مكعب (١٠٧٩٥٠٠٠٠٠٠٠٠)

٥٧ - ولأجل تقييم ما يختص بإبعاد الارض نذكر لك الجدول الآتى

نصف قطر قطبي	٦٣٥٦٥٥٠	متر
» » استوائى	٦٣٧٨٤٠٠	»
» » متوسط	٦٣٧١٠٠٠	»
محيط خط جانبي	٤٠٠٠٨٠٣٢	»
» » الاستواء	٤٠٠٧٦٦٣٠	»
» » موازى ٤٥°	٢٨٠٤٢٠٠٠	»
طول درجه من خط جانبي	قطبي	١١١٦٩٠
	استوائى	١١٠٥٨٥
	متوسط	١١١١٣٣

تخطيط الارض

$\frac{1}{2512}$

المسطح الكلى للارض

» » للبحار

» » للقارات والجزائر

حجم الارض

الجبيل الابيض (أوروبا) ٤٨١٠ متر

» جاويزانسكر (آسيا) ٨٨٤٠ ..

» كايما انفاروا (أفريقيا) ٥٧٠٥ ..

» تنريف (أفريقيا) ٢٧١٦

» اكوتيجا (أفريقيا) ٦٨٣٤ ..

» شيمبورازو (خط الاستواء) ٦٥٣٠ ..

» بركان مونالو

» ٧٠٠٠

ارتفاعات أعلى الجبال
فوق تسوية البحر

نهاية قطبي لعمق البحار — الاطلانطيقى الشمالى

الفصل الرابع

الحركة الدورانية للأرض

٥٨ - تدور الأرض حول خط قطبيها بسرعة منتظمة وتتم دورة كاملة في يوم نجمي ولاقامة الدليل على ذلك نقول

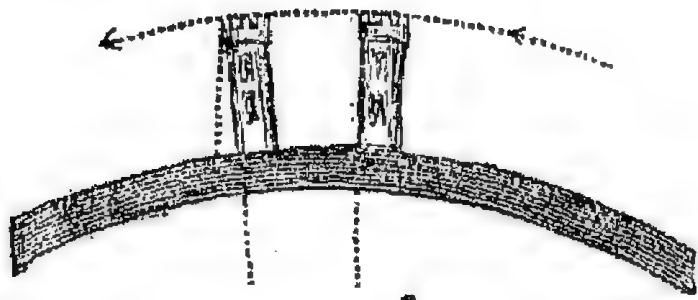
أولاً - اذا نظرنا إلى السيارات كلما ربح والمشتري وزحل بنظارة يرى في قرصها بقع دائمة تنتقل عليه فتحتفي في حافة منه لتظهر من الحافة المقابلة ومن ذا يستدل على أن لهذه الاجسام الكروية حركة مشابهة بالكلية للحركة التي تحدث ظواهر الحركة اليومية على الكرة الأرضية ومن تشابه هذه الحركات يستنتج أن الأرض تدور حول محورها بسرعة منتظمة وتتم دورة كاملة في مدة يوم نجمي

ثانياً - اذا كانت الأرض ساكنة لسكانت الحركة الدورانية منسوبة للكرة النجمية في جهة عكسية وهذا الامر لا يمكن القول بصحته ما لم يتوهم كما كان يزعم الفلكيون القدماء أن النجوم مثبتة في قبة جامدة وأن هذه القبة هي التي تدور حول محور مار بالكرة الأرضية وهو وهم فاسد لان النجوم ليست نقط مضيئة مرتبطة ببعضها ببعض بل هي في الحقيقة كما أكدته الارصاد أجسام مستقلة بعضها عن بعض وحينئذ يصعب تصور الحركة المشتركة لجميع هذه الاجسام المنفصلة حول محور مار بالأرض لان هذه الحركات التي لا تخصي التي ليست متعلقة ببعضها الحادثة عن أجسام موجودة في الفراغ على ابعاد حيثما اتفق لا بد وان تكون ذات سرع معينة باعداد فوق التصور فانه على حسب ابعاد النجوم وأوضاعها الظاهرية تختلف هذه السرع اختلافا عظيما وتكون بالنسبة لبعضها معدومة بالقرب من القطبين وكأنيها غير محدودة بالقرب من دائرة المعدل على انه يلزم لاجل حصول مثل هذه الحركة ان يكون بين السرع المذكورة نسب بحيث أن النجوم تتم جميع دوراتها غير المتعلقة ببعضها وغير المتساوية بالكلية في مسافة زمنية واحدة وهو محال وحينئذ تسكون الأرض هي المتحركة والنجوم ثابتة

٥٩ - اثبات دوران الأرض بالتجربة - اذا ثقل جسم ثقيل ونفسه من قبة برج رأسى فانه على فرض ان الأرض ساكنة يتبع الجسم المذكور بداهة في سقوطة اتجاه الرأسى وهو اتجاه الشاقل ويقع على الأرض عند قاعدة البرج

ولا يكون الامر كذلك اذا كانت الأرض متحركة فانه يجب حينئذ ان يسقط الجسم الثقيل بعيدا قليلا عن قاعدة المبنى وفي شرقيه

وحقيقة فانه في المعطاة التي يتبدى سقوط الجسم فيها يكون متأثرا بثلاث قوى وهي جذب الكرة الارضية والقوة المركزية الطاردة والقوة المركزية الطاردة المركبة فمعصلة القوتين الاقويتين هي التناقل الذي اتجاهاه هو الرأسى بالضبط وحيث انه مقرّر في علم الميكانيكا أن القوة الثالثة تنتج زوگانا نحو الشرق يكون (للاارتفاع الواحد للسقوط) في نهايته العظمى عند خط الاستواء و يأخذ في النقص بازدياد العرض فينتدّيتين أن الاجسام التي تسقط بنفسها في الهواء تكابد زوگانا شرقيا وتضعب مشاهدته لانه كما ثبت بالحساب صغير ويختلط بأسباب



ش ٢٩

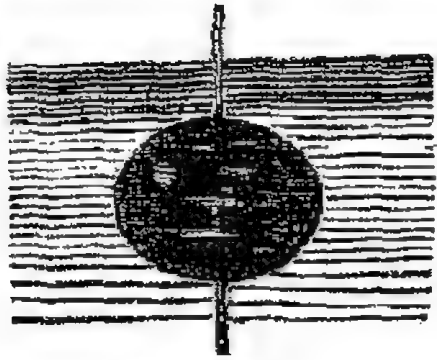
الزوگان التي تنشأ من هبوب الرياح مثلاً وقد عملت تجربة في بئر معدني عمقه ١٥٨,٥ مترا ووجد أن الجسم الساقط كابد زوگانا جهة الشرق قدره ٢٨,٣ ملليمتر (شكل ٢٩)

٦٠ - تجربة فوكو - ينسب الى امون فوكو تجربة أثبتت دوران الارض وأجريت هذه التجربة في سنة ١٨٥١ تحت قبة ينتبون وهي عبارة عن بندول مكون من كرة ثقيلة من النحاس الاصفر معلقة في مركز الشخشيخة بواسطة خيط من الصلب طوله ٦٤ مترا ثم ان (فوكو) أخرج البندول من وضعه الرأسى ثم تركه لفعل التناقل وأجرى جميع الاحتراسات اللازمة لكي لا يحصل للبندول دفع يجعله ينحرف جهة اليمين أو جهة الشمال فلو كانت الارض ساكنة لاستقر البندول يتحرك في المستوى الرأسى الذي أعطى له في أول مرة لكن المعلم (فوكو) رآه يكابد زوگانا متتاليا من الشرق الى الغرب حتى انه في مسافة ساعة تباعد مستوى رجات البندول عن اتجاهاه الاصلى بقدر ١١ درجة لكن هذا الزوگان ظاهري وهو ناشئ عن الحركة الحقيقية الدورانية للكرة الارضية الحاصلة من الغرب نحو الشرق (١)

٦١ - تبطيط الكرة السائلة - قد ذكرنا فيما سبق أن تبطيط الارض أو شكل الجسم الناقصى الذي لها ناتج عن الحركة الدورانية وهو الاثر المستقر الدال على أن المادة التي تكون الارض كانت في الاصل سائلة

- (١) ثبت في علم الميكانيكا أولا - ان البندول الموضوع في أحد قطبي الارض ونقطة تعليقه على امتداد محور الدوران يظهر أنه يرسم دورة كاملة في يوم فنجمى في جهة مضادة لحركة الارض وحيث أن مستوى الرجات غير متغير بداهة فالراصد الذي لم يشعر بحركة الارض ينسب حركته الخاصة لمستوى الرجات ثانيا - ان في خط الاستواء زوگان مستوى الرجات معدوم ثالثا - ان في عرض محصور بين ٩٠ و ٠ فالزوگان الظاهري لمستوى الرجات الذي هو دائما في جهة القطب القريب منه يكون كبيرا كلما كان العرض كبيرا (وهو مناسب لجيب العرض)

فعندما كانت كتلة الأرض في قديم الزمان سائلة وكان سطحها لم يجمد بالتبريد لا بد من أن يكون الجذب المشترك للعناصر قد شكل المجموعة بشكل كروي مضبوط هذا إذا لم تكن متأثرة بحركة دوران لكن حيث أن مثل هذه الحركة ينشأ عنها قوة مركزية طاردة تضاد قوة الشاقل جزئيا فهذه القوة كانت قيسل لابعاد العناصر عن المحور ويكون تأثير ذلك أعظم كلما كانت سرعتها أعظم أعني كلما كانت أقرب إلى خط الاستواء ولم يأت حصول التوازن الا من بعد



ش ٣٠

أن أخذت الكتلة شكل الجسم الناقص المبطط عند قطبي الدوران وقد صارت نتائج هذه النظرية بديهية بالتجربة المنسوبة إلى المعلم (بلاتو) (شكل ٣٠) وهي أن نقطة الزيت المعلقة في سائل متكون من مخلوط من الماء والكحول بحيث تكون كثافته ككثافة الزيت تأخذ الشكل الكروي متى تركت

ثابتة لكن بمجرد ما تعطى حركة دوران بواسطة صفيحة رقيقة معدنية مستوية ما برح مركز النقطة يشاهد أن الكرة يتغير شكلها وتوّل إلى مجسم ناقص يزداد تبطيته كلما ازدادت سرعة الدوران فهذا هو الذي يجب أن يكون حصل للأرض حينما كانت في حالة سيولتها الأصلية والشكل الذي أخذته حينئذ قد حفظته بالضرورة بعد تجمد سطحها وقديقي تبطيط الأرض شاهدنا على التأثير الذي أحدثه الدوران في الأصل على شكلها ويؤيد وجود هذه الحركة في الأصل

٦٣ - دوران الأرض وذبذبة البندول من خط الاستواء إلى القطبين - ومما يؤيد دوران الأرض النظر إلى الفرق الذي يرى في عدد درجات بندول ذي طول ثابت حينما ينقل ذلك البندول من عرض إلى آخر فقد دلت التجربة على أن عدد درجات مثل هذا البندول في مسافة ثانية مثلاً يأخذ في الزيادة من خط الاستواء إلى القطبين وهذا الزيادة يدل على تغير مطابق في شدة الشاقل وهو تغير ينسب لسببين مرتبطين بحركة دوران الأرض السبب الأول هو شكل كرويتها المبطط الذي يجعل النقطة من السطح تقرب من مركز جذب الأرض كلما كبر عرضها . وحيث أن القوة الجاذبة التي تنتج الشاقل مناسبة لعكس مربع البعد فيجب حينئذ أن تأخذ في الزيادة من خط الاستواء إلى القطبين أعني من أبعد النقطة عن المركز إلى أقربها منه

والسبب الثاني هو أن القوة المركزية الطاردة المتولدة من الدوران تزداد بازدياد نصف قطر الموازي المرسوم (أي نصف قطر الدوران) وحيث أنها تضاد جزئيا للقوة الجاذبة فنقص هذا الأخيرة يأخذ في الزيادة من القطب إلى خط الاستواء

وبحساب تأثير هذين السبين معا على حركة ذبذبة البندول يوجد ان عدد الراجات يجب أن يأخذ في الازدياد بازدياد العرض وذلك على حسب قانون معلوم قد حققته الارصاد

٦٣ - سرعة الدوران ان نقطة من السطح في عروض مختلفة - حيث ان حركة الدوران منتظمة ومشاركة بين جميع النقط الارضية فيسهل استنتاج السرعة التي تتحرك بها نقطة حيثما اتفق من السطح سواء كانت في خط الاستواء أو في عرض آخر

وذلك ان محيط خط الاستواء ٤٠٠٧٦٦٣٠ مترافية قسمة هذا العدد على ٨٦١٦٤ وهو مدة الدورة محولة الى ثوان (١) انفارج القسمة يكون هو سرعة النقطة في مدة ثانية ومقداره هو ٤٦٥ متر وفي عرض مصر مقدار السرعة هو ٤١٩ متر ومقداره في باريس هو ٣٠٥ متر

وقد قلنا ان القوة المركزية الطاردة الناشئة عن سرعة الدوران تضاد فعل التماثل ولذلك تنقص شدته وثقل الجسم المقول من القطبين الى خط الاستواء ينقص في خط الاستواء نفسه بقدر جزء من ٢٨٩ من مقداره وهذا النقص منسوب لفعل القوة المركزية الطاردة فقط وهو نقص لا يقل عن ٣٥ جرام في كل كيلوجرام الا قليلا

وقد حسبوا انه اذا كانت السرعة الزاوية لدوران الارض تصير قدر اصلها سبعة عشر مرة فان القوة المركزية الطاردة تترن بالضبط مع ثقل الجسم في خط الاستواء ويصير ثقل الجسم فيه معدوما

٦٤ - الجو - تركيبه وثقله - تحاط الارض من جميع الجهات بغاز ضروري لوجودنا وعلى أي ارتفاع يرتقي اليه يوجد الهواء دائما لكن من المحقق أن هذا الهواء لا يمتد الى غير نهاية في الفراغ بل يكون حولنا طبقة تسمى جوا . ويتكون من الجو والكرة الارضية جسم واحد لانها تجذب اليها ويشترك معها في جميع حركاتها ويظهر ان تركيب الجو ثابت في جميع الاقطار وفي جميع الارتفاعات وهو مخلوط من الاكسجين والازوت بنسبة ٢٠,٨ حجم من الاكسجين الى ٧٩,٢ من الازوت ونسبة ثقل قدره ٢٣ جزء من الاكسجين الى ٧٧ من الازوت ويحتوي خلافاً ذلك على بخار الماء وأثر من حمض الكربونيك

وللجو جميع خواص الغازات . ومرونته وكثافته يتناقضان كلما ارتفع الانسان وذلك لان الهواء جسم ثقيل بكاقي الغازات وعليه يجب أن تكون الطبقات السفلى أكثف وأكثر

(١) سيبرى فيما سياتي ان اليوم النجمي أقصر من اليوم الوسطى بقدر ٣,٥٦ وحيث ان عدد الثواني الموجودة في اليوم الوسطى هو ٨٦٤٠٠ ثانية فالحركة الدورانية تحصل في ٨٦١٦٤ فقط

انضغاط من الطبقات العليا التي تحمل ثقلها وبالاقتراب من نهاية الجو يجب مقابلة طبقات خفيفة للغاية وقليلة المرونة جدا

وحارة الطبقات الجوية تنقص بقدر ١ في كل ١٥٠ مترا أو ٢٠٠ مترا من الارتفاع للغاية ٧٠٠٠ مترا تقريبا ويظن أن التناقص بعد هذا الارتفاع أقل من ذلك وان الطبقات الأخيرة ذات حرارة لا تنخفض عن ٦٠

وأما ثقل الجو فيمكن تعيينه على وجه التقريب بالاعتبارات الآتية وهي ان الضغط الجوي يتزن بعمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا أو بعمود من الماء ارتفاعه ١٠٣٣٤ مترا وبناء عليه فالضغط الكلي على سطح الارض أعني ثقل الجو يعادل ثقل عمود من الماء قاعدته سطح الارض وارتفاعه ١٠٣٣٤ مترا وبفرض ان نصف قطر الارض المساوي ٦٣٦٦١٩٨ مترا رمزه R فثقل الجو مقدرا بالطول لا يتغير يكون

$$P = 10334 \times \frac{4}{3} \pi R^2 = 5263000000000 \text{ تقريبا}$$

وهو يعادل ثقل ٥٨٥٠٠٠ مكعب من النحاس كل مكعب ضلعه كيلومتر واحد

٦٥ - الضوء المنتشر - وللجوى منية أخرى مهمة للغاية هي أنه الواسطة في نور النهار قبل أن ترسل لنا الشمس أشعتها وذلك لان اجزاءه تعكس الاشعة الضوئية التي تسقط على سطحها في جميع الجهات سواء أتاها هذا الضوء من الشمس مباشرة أو من انعكاسات سابقة وهذا ما يسمى بالضوء المنتشر أو المتفرق

فاذا لم يكن جوفان جميع النقط الأرضية التي لا تكون مستضيئة بالشمس مباشرة والتي لا تلقى الاشعة التي تعكسها المادة الأرضية تصير مغمورة في ظلمة تامة ولون السماء الأزرق الذي هو لون الهواء منظور من سمك عظيم لا يرى وتصير السماء حالكة السواد ويمكن وقتئذ رؤية النجوم والسيارات وقت الظهر والاتصال من النهار الى الليل يحصل دفعة واحدة بمجرد غروب الشمس لا تدريجيا كما هو الحاصل كما ان النهار يحو ظلمات الليل بمجرد ظهور الشمس ثانيا في الافق

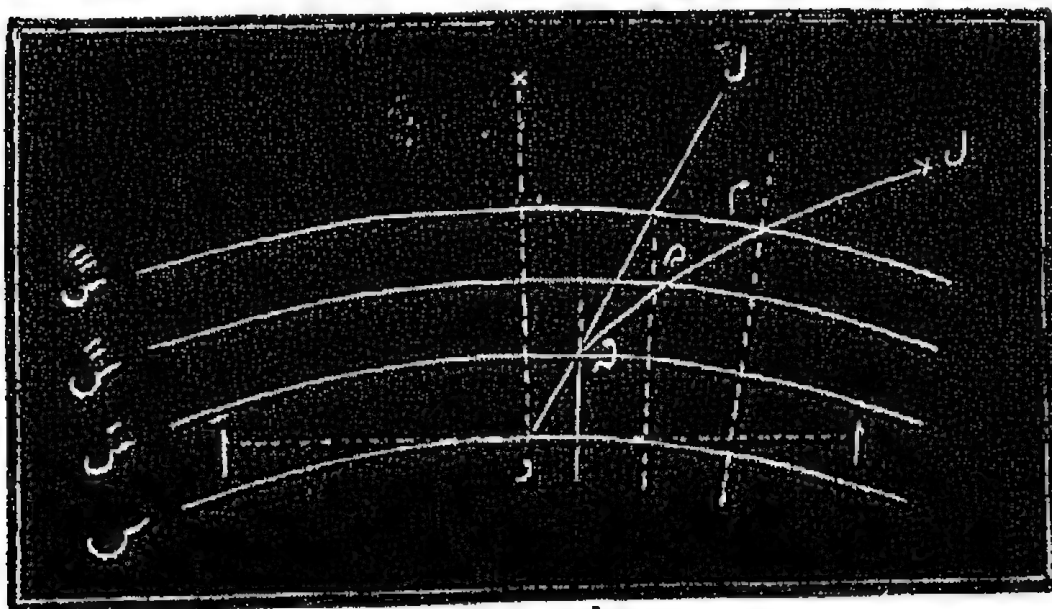
٦٦ - ارتفاع الجو - اذا كان الجو متجانسا سهل حساب ارتفاعه وذلك انه لما كان أخف من الزئبق بقدر ١٠٤٦٠ مرة فان سمك طبقة الهواء التي تزن بعمود من الزئبق ارتفاعه ٧٦ سنتيمترا تصير بداهة ١٠٤٦٠ × ٧٦ ر. أو ٧٠٥٠ مترا تقريبا ولكن ذلك انما هو نهاية صغرى لان كثافة الهواء تأخذ في النقص كلما ابتعد عن سطح الارض والحسابات التي أجراها المعلم (بيوت) المؤسسة على ارصاد غياوسال وغيره تعين للجو سمكا قدره ٨٠٠٠ مترا وهو تقريبا $\frac{1}{13}$ من نصف قطر الارض

٦٧ - تعتم الضوء بالجو - شكل القبة السماوية المنحط - اذا كان الجو شفافا للغاية فان الاشعة الضوئية التي تمر منه لا يعترضها أدنى عتمة مهما كان اتجاهها لكن ليس الامر كذلك فان الهواء يعتم الاشعة التي تمر منه شيئا فشيئا وتأخذ هذه العتمة في الازدياد بالطبع بازدياد كثافة طبقة الهواء فالشعاع الذي يأتي من الافق يمر من طبقة من الهواء أكثف من التي يمر منها الشعاع الذي يأتي من السميت بقدر ست عشرة مرة ولهذا السبب يمكننا أن نتظر الى الشمس في الافق ونحمل ضوءها بدون أن يحصل خطر لابصارنا والابخرة الكثيفة الموجودة دائما في الاجزاء السفلى من الجو تضعف الضوء أيضا وعلى رأى (يوحية) ضوء الشمس في الافق أقل منه في السميت بقدر ١٣٥٠ مرة

والضوء الذي يأتي من الاشياء الارضية الموضوعة في الافق أو من الكواكب في لحظة شروقها ضعيف جدا بالنسبة للضوء الذي تبعثه لنا الكواكب الكائنة بجوار السميت ولذلك نرى هذه الكواكب أقرب اليها من تلك ولهذا يظهر شكل القبة السماوية منحنيا

٦٨ - انكسار الجوّ - يمتد الضوء على خط مستقيم في وسط متجانس لكن عندما يقابل شعاع ضوئي السطح الفاصل بين وسطين في اتجاه مائل فانه يزوغ ويسمى هذا الزوغان انكسارا واذا مد عمود على السطح الفاصل بين وسطين من النقطة التي ينكسر فيها الشعاع الساقط فان هذا العمود والشعاع يعينان مستويا يسمى مستوى السقوط وعوضا عن أن يستمر الضوء في طريقة على خط مستقيم يزوغ ويقرب الشعاع الضوئي المنكسر أو يبعد عن العمود بدون أن يخرج عن مستوى السقوط فيقرب من العمود اذا حصل المرور من طبقة هوائية الى أخرى أكثف منها ويبعد في الحالة العكسية

اذا تقرر هذا يمكن قبول ان الجو هو مركب من طبقات متعددة المركز كثافتها تأخذ في النقص كلما بعدت عن سطح الارض ولتكن S_1 و S_2 و S_3 ... السطوح الفاصلة بين هذه



ش ٣١

الطبقات المختلفة (شكل ٣١) فالشعاع الضوئي الآتي في الاتجاه لم يقرب من العمود بدخوله في الطبقة S_2 S_3 ... ويتبع الاتجاه م ن مثلا وفي ن يعترضه زوغان جديد ويتبع الاتجاه ن و

في الطبقة سـ سـ وأخيرا يزوغ في و ويتبع الاتجاه و داخل الطبقة سـ سـ بحيث ان الراصد الموجود في و يرى الشيء في الاتجاه و لـ وفي الحقيقة لا يتبع الضوء خطاً منكسراً بل خطاً منحنياً لان كثافة طبقات الهواء تأخذ في الازدياد بدرجة غير محسوسة والراصد يرى الشيء المضيء لـ في اتجاه المماس في و لخط السير المنحني وصورة الكوكب أو وضعه الظاهري لا يدل حينئذ على وضعه الحقيقي وبالنسبة للراصد يكون الارتفاع الظاهري للكوكب فوق الافق أكبر من الارتفاع الحقيقي وتلك هي الظاهرة المسماة بانكسار الجو وجميع الكواكب توجد بهذه المثابة في غير مواضعها وحيث ان الخطأ يكون أعظم كلما كانت الطبقات المقطوعة أكثر كثافة وأكثر ميلاً بالنسبة للأشعة الضوئية فلا يكون الانكسار واحداً للارتفاعات المختلفة وقد اشتغل بجملة مهندسين بمسألة انكسار الجو وقد أوصلتهم أعمالهم الى انشاء جدول يؤدي الى درجة ضبط كافية وفيه مقادير الانكسار المتوسط لجميع الارتفاعات الظاهرية وهالك بعض الاعداد الموجودة بذلك الجدول

ارتفاع ظاهري	انكسار	ارتفاع ظاهري	انكسار
٥	-	٥	-
٠	٣٣ ٤٧,٩	٤٠	١ ٠٩,٤
٥	٩ ٥٤,٩	٦٠	٠ ٣٣,٧
١٠	٥ ٢٠,٠	٨٠	٠ ١٠,٣
٢٠	٢ ٣٨,٩	٩٠	٠

فإذا كان الارتفاع الظاهري للكوكب ٤٠ مثلاً فيلزم أن يطرح من الارتفاع المرصود الانكسار المطابق أعني ٩ ٤,٣ ويكون مقدار الارتفاع الحقيقي ٣٩ ٥٨ ٥٠,٦

٦٩ - تأثير الانكسار - اذا كانت ظاهرة الانكسار تنقل الكواكب فلا يفوتنا انها لا تغير وضع المستوى الرأسى الذى توجد فيه هذه الكواكب مطلقاً وبناء على ذلك لا يمكن أن يغير الانكسار الزاوية السمتية للكوكب ولا لحظة مروره بمستوى الزوال ولا مطلع المستقيم واما الميل والبعد القطبي فهما اللذان يلزم تصحيحهما لانهما يتعلقان بارتفاع الكوكب وقت الزوال

٧٠ - تبطيط قرص الشمس الناشئ عن انكسار الجوّ - عندما توجد الشمس أو القمر في الأفق يعترض الأشعة الضوئية التي تنبعث من الحافة السفلى انكساراً كثيراً يعترض التي تنبعث من الحافة العليا والأجزاء السفلى من القرص المضيء تكون حينئذ ممتلئة كثيراً وينتج من ذلك أن الكوكب الذي كان مبسطاً في نصفه العلوي سابقاً يكون مبسطاً كثيراً في نصفه السفلي وهذه الظاهرة يسهل مشاهدتها في لحظة شروق وغروب القمر أو الشمس

الباب الثالث

الشمس والارض

الفصل الاول

الحركة السنوية الظاهرية

٧١ - الحركة التي تختص بها الشمس - لا يخفى أن النجمة الواحدة ترسم دائماً موازياً سماوياً واحداً وتشرق وتغرب على الدوام في نقطتين من الأفق لا تتغيران وتقر بمستوى الزوال كل يوم على ارتفاع واحد في لحظة نجمية واحدة لكن اذا نظرنا الى الشمس فبعد الامر ليس كذلك فانها وان كانت مشتركة في الحركة اليومية فتشرق من الشرق وتقر بمستوى الزوال ثم تغرب في الغرب لكن نقط شروقها وغروبها تتغير في خلال سنة ويتغير ارتفاعها عند مرورها بمستوى الزوال ولحظة هذا المرور من يوم الى آخر وبعبارة أخرى ان القوس اليومي الذي ترسمه فوق الأفق يتغير في الوضع والسعة من يوم الى يوم

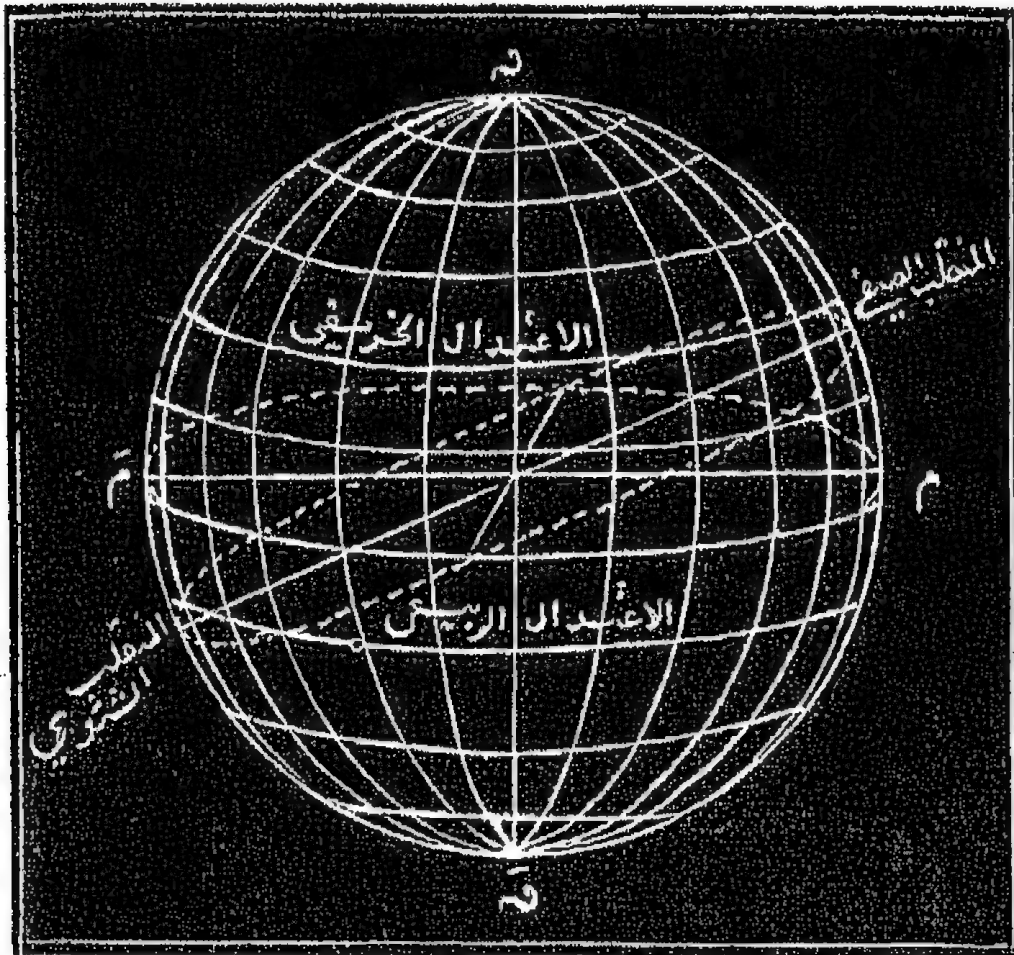
وهذه التغيرات المختلفة تنشأ عن الانتقال الظاهري للشمس على القبة السماوية وهي حركة حاصلة من الغرب الى الشرق أعني في عكس جهة الحركة اليومية وهذه هي المسماة بالحركة الخاصة للشمس

٧٢ - انشاء المدار الظاهري للشمس - يمكن تحقيق هذا الانتقال بتعيين الوضع الذي تشغله الشمس في كل يوم على القبة السماوية أعني قياس مطلعها المستقيم وميلها بواسطة النظارة الزوالية والبندول النجمي بالطرق التي تقدمت

والذي يعين هو المطامع المستقيم والميل لمركزها لانها ليست نقطة مضيئة كالنجوم بل قرصها يظهر على شكل دائرة وكيفية التعيين أن يرصد المرور ان المتتاليان لحافته الشرقية والغربية بالمحور البصري للنظارة ومتوسط زمني هذين المرورين يكون هو لحظة مرور مركزها بالمحور البصري المذكور وكذلك يقاس البعدان السمتيان لحافته العليا والسفلى ومتوسطهما يكون هو البعد السمتي للمركز وبالتبعة يحصل الميل

ويسهل حينئذ تعليم النقاط التي تشغلها الشمس في جملة أيام ولتكن في مدة سنة كاملة على كرة سماوية صناعية

٧٣ - الدائرة الكسوفية - اذا وصلت النقط المتحصلة بهذه الكيفية مع بعضها



ش ٣٢

بخط مستقيم (شكل ٣٢) يتحقق ان لهذا المنحنى شكل محيط دائرة عظيمة من الكرة مستويها مائل على مستوى دائرة المعدل بقدر (٢٧ ٢٣) وهذا هو المدار الظاهري الذي ترسمه الشمس في مسافة سنة وستعرف فيما سيأتى أسباب تسميته بالدائرة الكسوفية

٧٤ - الاعتدالان والمنقلابان - الدائرة الكسوفية تقطع دائرة المعدل في نقطتين متقابلتين على قطر واحد تسميان نقطتي الاعتدال أو الاعتدالين وسميا بهذا الاسم لان الشمس عند ما تحل في هذين الوضوعين المخصوصين في وقتين معلومين من السنة يكون الليل والنهار متساويين في جميع بقاع الارض

وميل الدائرة الكسوفية على دائرة المعدل وهو ٢٧ ٢٣ يجعل الشمس تقطع نصف مدارها في نصف الكرة السماوية الشمالي والنصف الآخر في نصفها الجنوبي وميل الشمس الذي يكون معدوما في كل اعتدال يأخذ أولا في الازدياد ويصل نهاية عظيمة ثم يتناقص بعد ذلك الى أن يعدم في الاعتدال الثاني

والوضعان اللذان فيهما يكون للشمس أعظم ارتفاع فوق مستوى دائرة المعدل يسميان منقلبين وفي أيام وجود الشمس في المنقلبين يظهر كأنها واقفة

٧٥ - السنة الانقلابية واليوم الشمسي - لنفرض انه ابتدئ بتعيين المطلع المستقيم والميل للشمس يوم كانت موجودة على دائرة المعدل أعني حين كانت في أحد الاعتدالين ثم انتظرت حتى تتم دورة كاملة على الدائرة الكسوفية بحيث توجد بالثاني في نقطة الاعتدال بعينها ففي هذه المدة يوجد أن الشمس قد صرت على مستوى الزوال ٣٦٥ مرة ومضى زيادة على ذلك ربع يوم تقريبا

فهذه هي مدة السنة الانقلابية التي تساوي ٣٦٥ يوما شمسيا وربع يوم واليوم الشمسي هو الزمن الذي يعضي بين مرورين متواليين للشمس بمستوى زوال واحد

والاعتدالان والمنقلابان تقسم مدة السنة الى أربعة فصول وهي الربيع والصيف والخريف والشتاء فالربيع الفلكي يتبدئ من لحظة دخول الشمس في نصف الكرة الشمالي والخريف يتبدئ من اللحظة التي فيها تمر الشمس من نصف الكرة الشمالي فتدخل في النصف الجنوبي وليلاحظ اننا لم نتكلم هنا على السنة واليوم الشمسي والفصول الانسببتها للحركة الخاصة للشمس ولكننا سنتكلم عليها فيما سيأتي بالتفصيل

٧٦ - السرعة الزاوية للشمس على مدارها - الحركة السنوية للشمس حاصله في مستوي شتمل في ان واحد على مركز الشمس ومركز الارض أو مركز الكرة السماوية ويظهر أن مركز قرص الشمس يرسم في سنة دائرة عظيمة من الكرة على أن الشكل الحقيقي للمدار المقطوع ربما كان منحنيًا حيثما اتفق مع سو ما في مستوى الدائرة الكسوفية ويسقط امامنا على حسب دائرة من الكرة التصويرية التي يظهر أن جميع النجوم موضوعة عليها ولاجل تعيين شكل هذا المدار يلزم معرفة الابعاد النسبية للارض عن الشمس في مدة السنة وسرعة الشمس في خلال هذه المدة

وسنبين فيما سيأتي كيفية تعيين السرعة الزاوية للشمس ولكن يمكننا باعتبار تقريبي أن نقول ان الشمس من نصف نهار الى آخر تنقل بأقل من درجة واحدة لان السنة تحتوي على ٣٦٥ يوما وربع يوم والدائرة تحتوي على ٣٦٠ بمعنى ان السرعة الزاوية للشمس في حركتها الخاصة السنوية تقل قليلا عن درجة في اليوم الشمسي

٧٧ - حركة الشمس ليست منتظمة - اذا بحثنا عن الحركة الخاصة للشمس جيدا فانا نرى ان سرعتها الظاهرية على المنحنى الذي ترسمه في مسافة سنة ليست منتظمة فنحو أول يناير تصل هذه السرعة نهايتها العظمى التي لا تزيد عن ١٠ ١ ٠ تقريباً ومن أول يناير الى أول يولييه تنقص السرعة المذكورة وفي أول يولييه لا تزيد عن ٥ ٧ ١١ ثم في مدة باقي السنة تأخذ بالتأني مقادير متزايدة وفي أول يناير التالي تصل الى النهاية العظمى المذكورة

ومن ذا يتبين ان الحركة الخاصة للشمس على منحنى الدائرة الكسوفية ليست منتظمة لان اتقالاتها الزاوية في الازمنة المتساوية ليست متساوية

الفصل الثاني

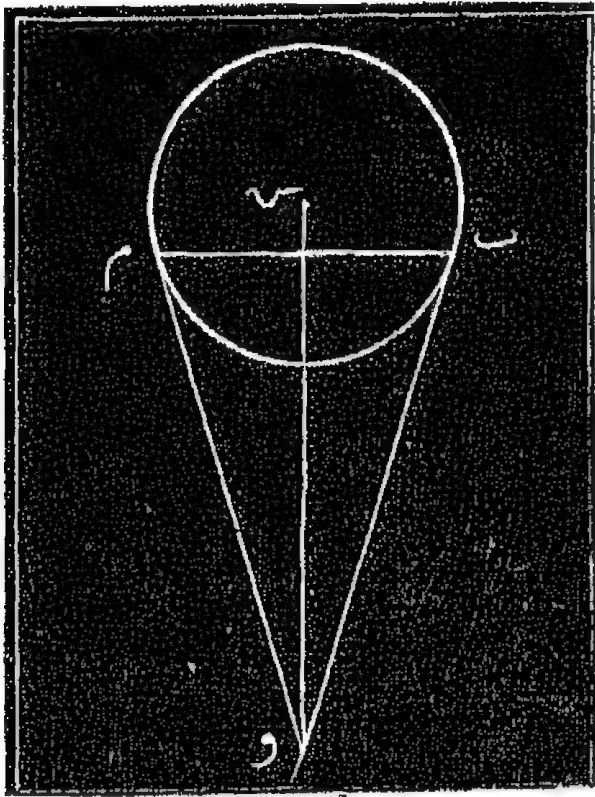
القطر الظاهري للشمس - الحركة الناقصية

٧٨ - تعيين شكل مدار الشمس - تعيين الشكل الحقيقي لمدار الشمس يقتضي معرفة وضع مركزها على الدائرة الكسوفية في كل يوم من السنة وحينئذ يمكن أن يرسم في مستوى هذه الدائرة العظيمة بجهة مستقيمت تمر بالمركز تدل اتجاهاتها على الاوضاع المتتالية للشمس في مسافة سنة

فاذا كانت انصاف الاقطار المذكورة ذات طول واحد بمعنى ان بعد مركز الشمس عن مركز الارض غير متغير فان المدار الذي ترسمه الشمس يكون دائرة لكن في الحقيقة بعد الشمس عن الارض يتغير في مدة السنة

وذلك ان الشمس تظهر لنا على شكل قرص ذي ابعاد يمكن تقديرها فاذا كان بعدها عن الارض متغيرا فان الكبر الظاهري للقرص المذكور أو قطره يتغير كذلك فكما اعدت عن الارض يظهر أن القطر المذكور ينقص وكما قربت منها حصل العكس أعني ازدادت ابعاده الظاهرية

٧٩ - القطر الظاهري للشمس - تغيره - يسمى قطر ظاهري لكوكب الزاوية



ش ٣٣

الواقعة بين المماسين للحاقتين المتقابلتين من قرصه المارين بعين الراصد. مثلا اذا كان 'س' (شكل ٣٣) وضع الشمس 'و' وضع الراصد فالزاوية الواقعة بين 'و' و 'ب' هي القطر الظاهري للشمس وسبب هذه التسمية انه لعظم البعد 'وس' يكاد المستقيم الواصل بين نقطتي التماس وهو 'م ب' أن يتحد بقطر الكوكب وحينئذ تكون زاوية المماسين هي الزاوية التي يرى الراصد قطر الشمس عليها

ولقياس هذه الزاوية تستعمل الدائرة الحائطية وبها يؤخذ البعدان السمتيان للحاقتين العليا والسفلى في لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال وليكن 'د' و 'د' هما هذان البعدان مصلحين من الانكسار وليكن 'ن' نصف قطر شعرة النظارة التي نفرضها مماسة من الداخل في الرصد المنسوب للحافة العليا ومن الخارج في الرصد الثاني وحينئذ يكون المقداران

الحقيقيان للبعدين السمتيين هما $\delta - \nu$ و $\delta - \nu$ اللذين فرقهما وهو $\delta - \nu$
هو القطر الظاهري للشمس

وباستعمال النظارة الزوالية نعلم على جدول نجمي لحظة تماس الحافة الغربية للقرص بالشمعة
الرأسية للنظارة ثم لحظة تماس الحافة الشرقية بها ففرق الزمنين يكون هو الزمن المستعمل
لمرور القطر الافقي بمستوى الزوال وبتحويل هذا الزمن الى أجزاء الدرجة تعلم الزاوية التي عليها
يرى القطر الافقي والارض اذ التي أجريت في يوم واحد به $\frac{1}{2}$ كل من الدائرة الحائطية والنظارة
الزوالية أعطت مقادير واحدة للقطرين الرأسى والافقى واستنتج من ذلك استدارة قرص
الشمس والآلة الخاصة بقياس القطر الظاهري هي المسماة بالهليومتر

وقد وجد أن القطر الظاهري لا يحفظ مقدارا واحدا في الأزمنة المختلفة من الحركة فيصل
نهايته العظمى في ٣١ ديسمبر ونهايته الصغرى في أول يولييه تقريبا ومقداره المطابق لأول
يناير هو 32.64 وفي الوقت الثاني المطابق الى ٢٩ يونيو هو 32.04 فيتناقص
من ٣١ ديسمبر الى أول يولييه ثم يتزايد بعد ذلك من أول يولييه الى ٣١ ديسمبر
والمقدار المتوسط للقطر الظاهري للشمس هو 32.4

٨٠ - الحضيض والابوج - ينتج من هذه الاقيسة أن بعد الشمس عن الارض يتغير
مدة جميع السنة ويكون مقداره في الشتاء أصغر من مقداره في الصيف ففي أول يناير تقريبا
يأخذ نهايته الصغرى وفي أول يولييه يصل نهايته العظمى (١)

فالنقطة من المدار التي تكون فيها الشمس في أقرب بعد من الارض تسمى الحضيض والنقطة
التي تكون فيها في أبعد بعد تسمى الابوج

وحيث أن الارض في الحقيقة هي التي تدور حول الشمس فيقال انها في الرأس أو في الذنب
في هذين الوقتين

٨١ - الشكل الناقص لمدار الشمس - حيث ان الشمس في حركتها السنوية توجد
على ابعاد من الارض متغيرة بلا انقطاع يلزم من ذلك أن مدارها غير مستدير وبقياس القطر
الظاهري للشمس يوما بعد يوم يعلم شكل المدار المذكور

ولاجل ذلك نفرض نقطة في مستوئعتبره مستوى الدائرة الكسوفية ونعتمد من هذه النقطة
جسلة انصاف أقطار تدل على الاتجاهات التي توجه فيها الشمس على التعاقب على مدارها

(١) بما أن هذين الوقتين هما عين الوقتين المطابقين للنهاية العظمى والنهاية الصغرى للسرعة يرى ان
السرعة مناسبة لعكس البعد وسيأتي بيان هذا القانون

ونأخذ عليها الأبعاد $ص هـ$ و $ص ا$ و $ص ب$ و $ص د$... مناسبة لأبعاد الشمس عن الأرض وبوصل نهايات انصاف الاقطار المذكورة بنقط مستقر يتحصل على منحني مشابه للذي ترسمه الشمس في مدارها السنوي (شكل ٣٤) والأبعاد النسبية $ص هـ$ و $ص ا$ و $ص ب$... تستخرج من المقادير المتعاقبة للقطر الظاهري للشمس التي هي مناسبة لها عكسا (١)

وباختبار المنحني المرسوم بهذه الكيفية يعلم انه قطع ناقص تشغل الأرض إحدى بورتيه وان البعدين المطابقين للخصيخ والابوج وهما $ص هـ$ و $ص ا$ يكونان محوره الاكبر

٨٢ - البعدان المطابقان للخصيخ والابوج - اختلاف المركز - قد عرفنا فيما سبق ان مقدار القطر الظاهري في أول يناير هو ١٩٥٥,٦ الذي هو وقت الخصيخ وأنه في أول يولييه الذي هو وقت الابوج هو ١٨٩١٠ فالنسبة بين البعدين $ص هـ$ و $ص ا$ تكون

مبينة بالمقدار (شكل ٣٤)

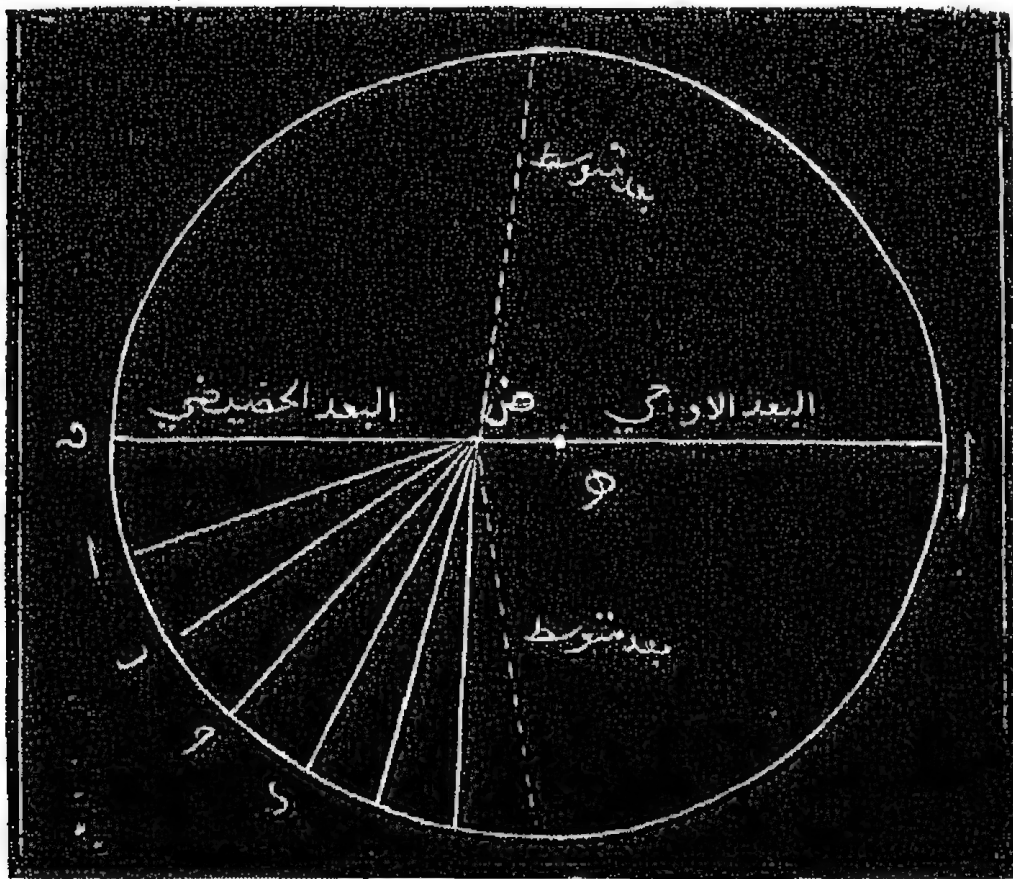
$$\frac{ص هـ}{ص ا} = \frac{١٨٩١٠}{١٩٥٥,٦}$$

وبجعل نصف المحور الاكبر وحده أعني البعد المتوسط للشمس عن الأرض يوجد

$$بعد الخصيخ = ٩٨٣٢,٠$$

$$بعد الابوج = ١٠١٦٨,٠$$

$$بعد متوسط = ١٠٠٠٠,٠$$



ش ٣٤

ولاجل معرفة شكل قطع ناقص الشمس بالتمام يلزم حساب اختلاف مركزه وهو النسبة بين بعد بورتيه عن مركزه وبين نصف محوره الاكبر فاذا عرفنا هذه النسبة بالحرف $ف$ يكون

$$\frac{ص هـ}{ص ا} = ف \quad \text{ومنه} \quad ص هـ = هـ ا \times ف$$

(١) لاجل البرهان على أن أبعاد الشمس عن الأرض تناسب عكسا لاقطار الظاهرية نقول حيث أن الزاوية و (شكل ٣٣) صغيرة جدا فيمكن اعتبار الوتر أو القطر $م ب$ منطبقا على القوس المرسوم بجعل $و$ مركزا ونصف قطر $= م$ وحينئذ إذا رمزنا بحرف $د$ لدرج الزاوية أو القوس المطابق لبعده $م ب$ فطول هذا القوس يكون مبينا بالمقدار $م = \frac{ط د}{١٨٠}$ ولقد اراد آخر $د$ للقطر الظاهري المطابق لبعده آخر $د$ يوجد $م = \frac{ط د}{١٨٠}$ ويكون $د = د$ وهذا ما أردنا بيانه

وبفرض ان $\frac{د}{و}$ و $\frac{د}{ز}$ رمز للقطرين الظاهرين للشمس في الخضيض والاوج يحدث

$$\frac{د}{و} = \frac{صه |}{صه و}$$

ولكن

$$صه | = | هه + هه و و صه و = هه | - هه و$$

وبالتعويض يحدث

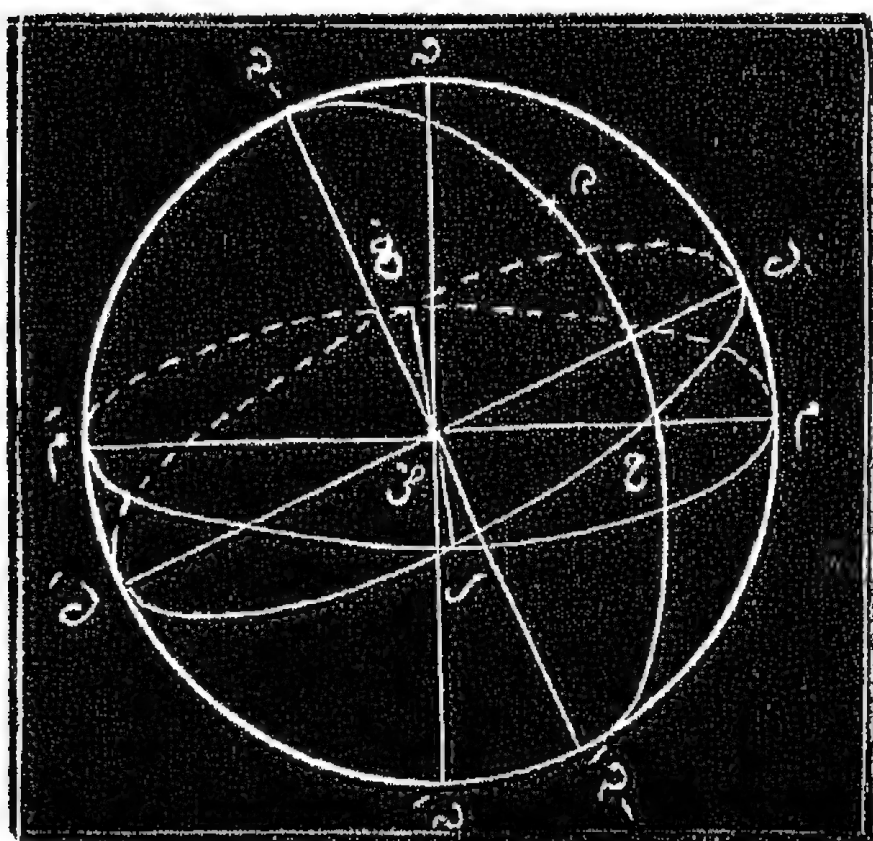
$$صه | = | هه (١ + ف) و صه و = هه | (١ - ف)$$

ومنه

$$\frac{د - و}{د + و} = ف \quad \text{أو} \quad \frac{د + و}{د - و} = \frac{١ + ف}{١ - ف}$$

وبناء على الاعداد السابقة يكون مقدار اختلاف مركز مدار الشمس مساويا للكسر ٠.١٦٨ الذي لا يختلف كثيرا عن $\frac{١}{٦}$ وحينئذ فزيادة بعد الاوج عن البعد المتوسط أو زيادة البعد المتوسط عن بعد الخضيض هي جزء من ٦٠ من البعد المتوسط وبعبارة أخرى أن بعد الاوج يزيد عن بعد الخضيض بجزء من ٦٠ من المحور الاكبر بمقامه

٨٣ - الاحداثيات الكسوفية - الطول والعرض السماويان - قد استعملت المطالع المستقيمة والميل لمركز الشمس لتعيين المدار الظاهري الذي ترسمه على الكرة السماوية في مدة سنة ولكن حيث ان هذا المدار موضوع بأ كره في مستوي له على دائرة المعدل غير متغير (١)



ش ٣٥

قد ظهر أن الابطسط ان ينسب وضع الشمس وجميع النقاط المشهورة من مدارها لمستوى الدائرة الكسوفية نفسه بان تعوض المطالع المستقيمة والميل باحداثيات أخرى تحسب على الدائرة الكسوفية وعلى دائرة عظيمة عمودية على مستوى الدائرة الكسوفية (شكل ٣٥)

وليكن م م دائرة المعدل و ك ك الدائرة الكسوفية و د نقطة من

(١) هذا الميل يتغير لكن ببطء جدا وفي حدود ضيقة كما حسب ذلك الفلكيون بالدقة

الكرة السماوية فالمستويان م م و ل ل يتقاطعان في خط يمر بضرورة بالاعتدالين
س و غ فنقطة الاعتدال الربيعي س هي المستعملة مبدأ مشتركاً للنوعين من الاحداثيات
كما انها مبدأ اليوم النجمي كما تقدم

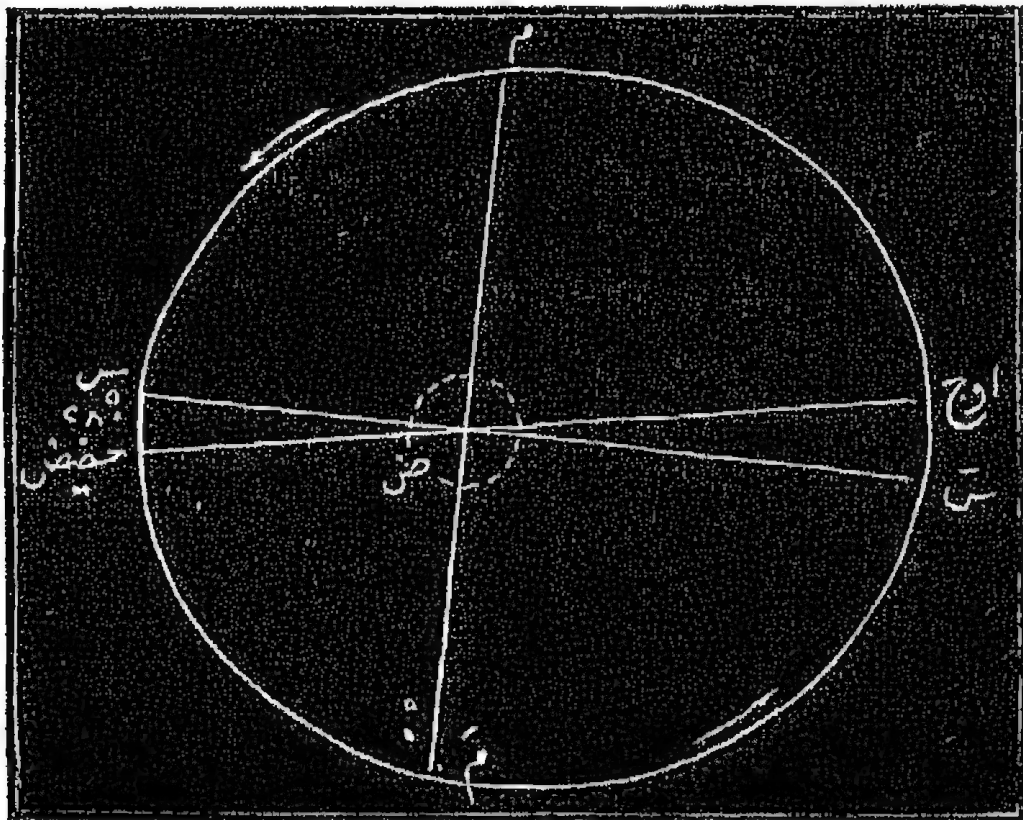
ثم تنوهم من المركز ص للكرة السماوية خطاً عمودياً على مستوى مدار الشمس فالنقطتان
ب و اللتان يقابل الكرة السماوية فيهما هما قطبا الدائرة الكسوفية والخط ب ب
هو محورها

اذا تقرّر هذا فوضع نجمة مثل د يتعين اذا علم أولاً القوس د ح المقيس على دائرة تمر
بالنجمة وبقطبي الدائرة الكسوفية مقداراً بدرج ودقائق وثوان وهو المسمى عرض النجمة
وثانياً القوس س ح المحصور بين نقطة الاعتدال س والدائرة التي يقاس العرض عليها
ويسمى طول النجمة وتحسب الأطوال من ٠ الى ٣٦٠ من الغرب الى الشرق والعروض
من ٠ الى ٩٠ شمالية كانت أو جنوبية

ومتى علم المطلع المستقيم والميل النجمة يمكن بواسطة حساب المثلثات حساب طول النجمة

٨٤ - طول وعرض الشمس - حيث ان مركز الشمس دائماً في مستوى الدائرة
الكسوفية لان هذا المركز هو الذي يرسم مدار الشمس يكون عرض الشمس معدوماً على الدوام
وأما طولها فانه يمر بجميع المقادير من ٠ وذلك حينما تكون في نقطة الاعتدال الربيعي
لغاية ٣٦٠ وحينئذ تكون السنة الفلكية قد انتهت وتبتدى الشمس حركتها بالثاني
في الطول

٨٥ - خط الرأس - بعرفة هذه الطريقة الجديدة التي بها يعين وضع الشمس في النقط



ش ٣٦

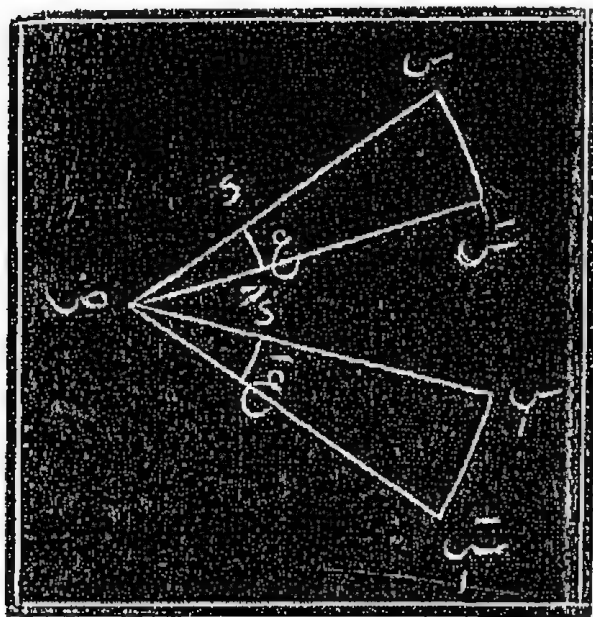
المختلفة من مدارها يمكن تقييم
الكلام الذي يختص بخصي
المدار المذكور (شكل ٣٦)
نوضع المحور الأكبر أو خط
الرؤس يتعين بداهة اذا علم طول
الخصيض ولقد دلت الارصاد
على ان مقدار هذا الطول ٢٨٠
بمعنى ان خط الاعتدالين م م
يصنع مع المحور الأكبر للمدار

زاوية قدرها ٨° تقريبا وأما خط المنقلبين الذي اتجاهاه عمود على خط الاعتدالين فإنه بناء على ذلك يصنع مع المحور الاكبر المذكور زاوية تنحصر بين ٩° و ١٠° وسنذكر قريبا كيفية حساب لحظة الاعتدال بالضبط وتوجد العناصر الاصلية لمدار الشمس حينئذ معينة بالضبط

٨٦ - قانون المسايح - قد تقدم أن الحركة الخاصة للشمس على مدارها الناقصى ليست منتظمة أعني أن الاقواس التي يقطعها مركزها في أزمنة متساوية ليست متساوية

والمعلم كيلير بحساب أطوال الاقواس التي مثل $ا$ و $اب$ و $ب$ و $و$ و $و$ و $و$ (شكل ٣٤) المرسومة في مسافات زمنية متساوية بمركز الشمس على مدارها الناقصى ومقارنتها ببعضها علم أن المساحات المحصورة بين انصاف الاقطار البورية المتتالية $صه$ و $صه$ و $صه$ و $صه$ و $صه$ و $صه$ متساوية

وذلك لأن السرعة الزاوية مناسبة طردا لمربعات الاقطار الظاهرية وعكسا لمربعات الابعاد المطابقة بمعنى انه اذا مرز بالحرفين $ع$ و $ع$ لسرعتين زاويتين وبالحرفين $د$ و $د$ للبعدين المطابقين للشمس عن الارض يحدث $ع د = ع د$ وحينئذ اذا فرض أن $صه$ (شكل ٣٧) هي الارض و $سه$ القوس الذي ترسمه الشمس في يوم نجمي حينما تكون



ش ٣٧

سرعتها الزاوية $ع$ وبعدها عن الارض $د$ وان $سه$ القوس المرسوم حينما تكون السرعة $ع$ والبعده $د$ فيمكن اعتبار القوسين $سه$ و $سه$ دائريين وان بعد الشمس عن الارض يكاد ان لا يتغير مدة يوم نجمي ونمرز بالحرفين $ا$ و $ا$ لمساحتي القطاعين الدائريين $سه$ و $سه$ و $سه$ فيحصل بناء على قانون معلوم

$$\frac{ط \cdot ع \cdot د}{٣٦٠} = ١ \quad \text{و} \quad \frac{ط \cdot ع \cdot د}{٣٦٠} = ١$$

وحيث أن

$$ع د = ع د \quad \text{يحدث} \quad ١ = ١$$

وهو المطلوب

وباعتبار ان نصف القطر البورى أو المستقيم الواصل بين مركز الشمس ومركز الارض خط يتحرك ويرسم مستوى المدار الظاهري يكون منطوق قانون المساحات هو المساحات المرسومة بنصف القطر البورى للشمس مناسبة للزمنة وسيأتى ان قانون المساحات مستعمل لحركة السيارات حول الشمس

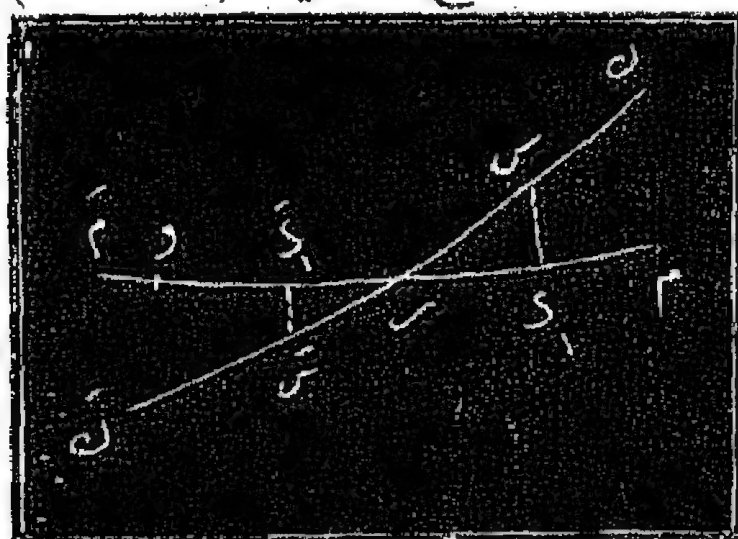
الفصل الثالث

قياس الزمن - السنة الانقلابية

٨٧ - تعريف السنة الانقلابية - السنة الانقلابية هي كما سبق المسافة الزمنية التى تقضى بين مرورين للشمس متتاليين بنقطة اعتدال واحدة كالا اعتدال الربيعى وفى مدة السنة الانقلابية تقرأ الشمس ٣٦٥ مرة بمستوى الزوال وتستغرق زيادة على ذلك ربع يوم تقريبا

وحينئذ فالمعرفة مدة السنة الانقلابية بالضبط يلزم معرفة حساب لحظة الاعتدال بالدقة أعنى اللحظة التى فيها يمر مركز الشمس بمستوى دائرة المعدل وهى لحظة ينعدم فيها ميل الشمس

٨٨ - تعيين نقطة الاعتدال - مدة السنة الانقلابية - لأجل تثبيت وضع المستقيم $س خ$ يكفى تعيين المطالع المستقيمة للنقطتين $س$ و $خ$ وليكن $م م$ دائرة المعدل و $ل ك$ الدائرة الكسوفية ونقطة و مبدأ المطالع المستقيمة (شكل ٣٨)



ش ٣٨

ونفرض أن فى نصف نهار ٢٠ مارث يكون الميل جنوبيا ويكون شماليا فى نصف نهار يوم ٢١ منه وان $س$ و $س$ هما وضع الشمس المطابقان لهذين الوقتين على الدائرة الكسوفية فتعين فى هذين الوضعين المطالع المستقيمة والميل للمركز وليكن $م$ و $ل$ مقدارى

الاحداثيين $و د$ و $س د$ للوضع $س$ و $م و ل$ مقدارين هما $و د$ و $س د$ للوضع $س$ فلتصغر المثلثين $س د م$ و $س د ل$ الكرويين يمكن اعتبارهما مستقيمي الاضلاع وليكونهما متشابهين يحدث بعد الزمن البعد $و$ بالحرف $س$

$$\frac{س - م}{س} = \frac{ل}{ل} \quad \text{ومنه} \quad \frac{س - م}{س} = \frac{ل + م}{ل}$$

وبهذا القانون يتعين المطلع المستقيم لنقطة γ وبالطريقة عينها يتعين المطلع المستقيم للنقطة الأخرى γ ويبين الحساب أن الفرق بين مطالعيهما المستقيمين هو ١٨٠ وذلك مما يؤكده نتائج التخطيط الرسمي

٨٩ - تعيين لحظة الاعتدال - لأجل تعيين لحظة الاعتدال نفرض أن γ و γ' هما المحطتان المضبوطتان لمرور الشمس بالوضعين γ و γ' اللذين يكون الميلا فيهما على التناظر - γ و γ' بحيث أن الزمن الذي يمضي بين الرصدين قصير يمكن اعتبار حركة الشمس منتظمة في طرف هذه المدة ثم يقال حيث أن ميل الشمس في الزمن $\gamma - \gamma'$ قد تغير بقدر $\gamma - \gamma'$ فالزمن اللازم لأن يكون التغير مساويا إلى $\gamma - \gamma'$ أعني لأن يصير الميل معدوما يستخرج مقدار γ من هذه المتساوية

$$\frac{\gamma}{\gamma - \gamma'} = \frac{\gamma'}{\gamma - \gamma'} \quad \text{ومنه} \quad \frac{\gamma}{\gamma - \gamma'} = \frac{\gamma'}{\gamma - \gamma'}$$

فأذا ضم هذا الزمن إلى γ' تحصلت اللحظة المضبوطة لمرور الشمس بنقطة الاعتدال الربيعي (١)

فإذا اجريت عملية مثل هذه في السنة التالية تحصل كذلك على لحظة اعتدال جديدة ومن ذا تستخرج مدة السنة الانقلابية

وحيث أن الارصاد لا تخلو عن خطأ فلا يتأتى معه الضبط السلكي ولكن يمكن تقليل هذا الخطأ جدا بإجراء ارصاد في مدد طويلة كفي مسافة قرن وقسمة الناتج على ١٠٠ ولحظة مرور نقطة γ بمستوى الزوال قد اتخذها الفلكيون مبدأ اليوم النجمي أيضا ولما كانت هذه النقطة غير منتظرة في السماء قد اجريت الكيفية الآتية لتثبيت مبدأ اليوم النجمي

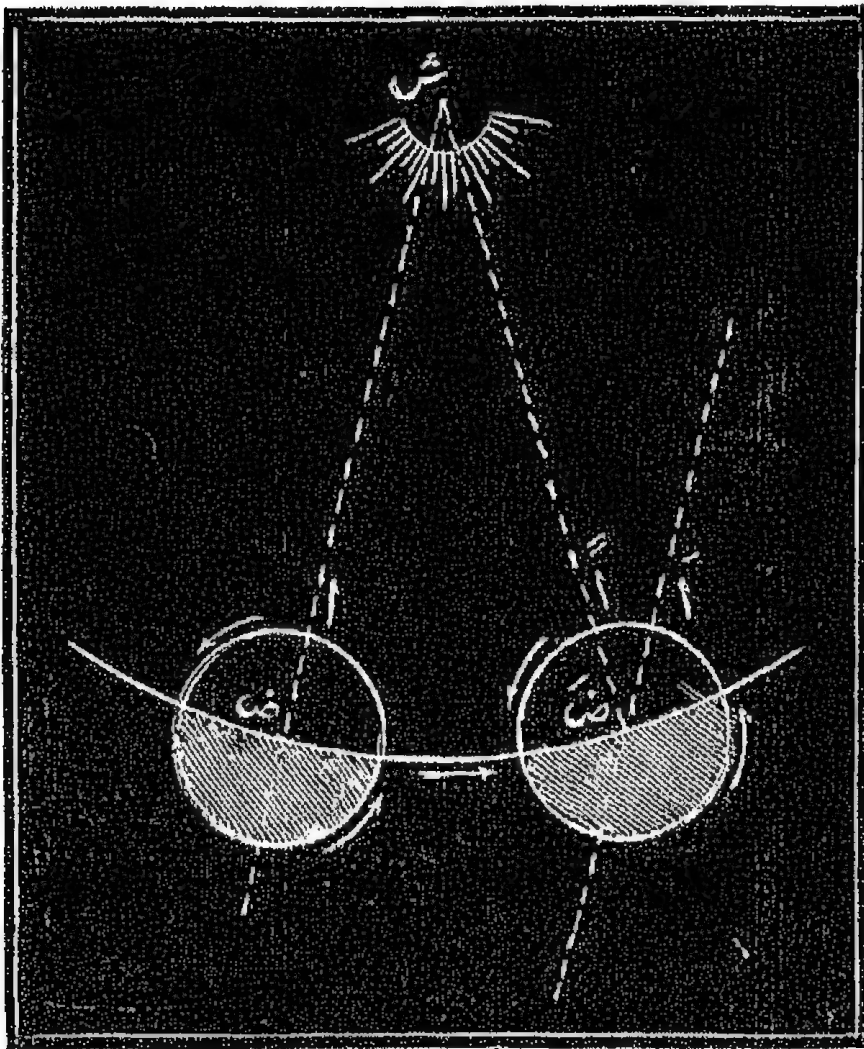
(١) مثالا إذا فرضنا أن في ٢٠ مارس سنة ١٨٢٥ في نصف النهار كان ميل مركز الشمس $٢٨^\circ ٩'$ جنوبيا وفي ٢١ مارس في نصف النهار أيضا كان ميلها $١٨^\circ ١٤'$ شماليا فتكون الشمس قد مرت من نصف الكرة الجنوبي إلى نصف الكرة الشمالي فيما بين هذين الرصدين ويمكن أن يفرض أنه في هذه المسافة الزمنية تغير ميل الشمس بكميات متساوية في أزمنة متساوية وفي ٢٤ ساعة شمسية قد تغير هذا الميل بقدر $٢٣^\circ ٤٦' + ٢٨^\circ ٩' = ٥١^\circ ٥٥'$ ولأجل أن تغير فقط بقدر $٢٨^\circ ٩'$ تلزم مدته مررها $\frac{٥١^\circ ٥٥'}{٢٨^\circ ٩'} = \frac{٢٤}{٢٣}$ ومنه $\frac{٢٤}{٢٣} = \frac{٢٤}{٢٣}$ أعني بعد الرصد الأول بقدر $\frac{٢٤}{٢٣}$ س يصير ميل الشمس الذي كان $٢٨^\circ ٩'$ جنوبيا معدوما أعني في ٢٠ مارس الساعة $\frac{٢٤}{٢٣}$ س مساء غر الشمس بالاعتدال الربيعي

وهي ان النجمة ا من صورة المرأة المسلسلة تمر بمستوى الزوال بعد نقطة س بقدر
٧٥ ر ٤٠ ث د س وحينئذ يكفي جعل البندول النجمي مبينا ٧٥ ر ٤٠ ث د س في لحظة مرور
النجمة ا من المرأة المسلسلة بمستوى الزوال لكي يتحقق من انه كان مبينا ٧٥ ر ٤٠ ث د س
في لحظة مرور نقطة س به وحينئذ نقطة الاعتدال الخريف في مستوى الزوال بين البندول
النجمي ١٢ ث

وحيث ان مقدار السنة الانقلابية بأيام نجمية هو ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ يوما أعني ٣٦٦ يوم
و ٥ س و ٤٨ د و ٤٧,٥٥٥ ث وتتم الارض في مدة سنة انقلابية دورات عددها ٣٦٦ دوره
وربع تقريبا على اننا قد رأينا ان الشمس لا تمر بمستوى الزوال في نفس هذه المدة سوى
٣٦٥ مرة وحينئذ تزيد مدة اليوم الشمسي عن اليوم النجمي

٩٠ - مدة اليوم النجمي لا تساوي مدة اليوم الشمسي - يتضح ذلك من طبيعة الحركة
الانتقالية للارض حول الشمس أو من الحركة الخاصة للشمس

وانعتبر الارض في الوضعين المتتاليين ص و ص' (شكل ٣٩) اللذين تشغلهما واحدا



ش ٣٩

بعد الآخر على مدارها في مسافة يوم
نجمي بالضبط أو في مسافة دورة كاملة لها
ونفرض ان في ص تمر الشمس بمستوى
زوال معلوم ص ا وان مركزها ينطبق
في أثناء هذا المرور على نجمة ما في ظرف
يوم نجمي ينتقل مستوى الزوال ص ا
بعد دورة كاملة ويصير موازيا الى اتجاهه
الاصلي أعني يأخذ الاتجاه ص ا وتمر
النجمة بعينها مرة ثانية به لكن لا يحصل
ذلك بالنسبة للشمس أعني انها لا تمر به
في لحظة مرور النجمة وذلك لان الارض

قد قطعت القوس ص ص' من مدارها في هذه المدة والخط الذي كان واصلا من مركزها
الى مركز الشمس لا ينطبق على مستوى الزوال بل يصنع معه زاوية ا ص ا تساوي
الزاوية التي تقدر القوس ص ص' فلاجل أن تمر الشمس مرة ثانية بمستوى الزوال
يلزم حينئذ أن الارض بعد دورتها الكاملة تدور أيضا بمقدار الزاوية ا ص ا

ومتى ارتسم هذا القوس الجديد عثر الشمس مرة ثانية بمستوى الزوال ويكون قد انقضى يوم شمسي

وهذا هو سبب عدم تساوي بين مدة اليوم الشمسي واليوم النجمي الذي أسلفناه

٩١ - عدد الايام النجمية والشمسية للسنة الانقلابية - لكل دورة من الدورات المتتالية للارض يتأخر مرور الشمس بمستوى الزوال وتجمع هذه التأخرات من يوم الى اخر ويقاس هذا التأخر دائماً بزاوية سمعتها كسعة الزاوية التي ترسمها الارض على مدارها ومن ثم متى أتمت الارض دورتها الاتقالية أعني رسمت حول الشمس قوساً مقداره 360° فان تأخر مرور الشمس بمستوى الزوال يقاس بقوس قدره 360° أعني بدورة كاملة وبعبارة اخرى تكون الشمس قد مرت بمستوى الزوال مرات عددها أقل من عدد مرات مرور النجمة التي كانت الشمس منطبقة عليها في نقطة الاصل بمستوى الزوال المذكور

وحينئذ يحدث يوم نجمي في السنة زيادة عما يوجد فيها من الايام الشمسية

٩٢ - عدم تساوي الايام الشمسية - أسبابه - يستعمل الفلكيون في ارضادهم اليوم النجمي وحدة للزمن وذلك لانتظام الحركة الدورانية للارض وتساوي الايام النجمية ويستعملون اليوم الشمسي في غيرها لان استعمال اليوم النجمي الذي لا يطابق الظواهر المحسوسة لا يوافق عوائد العيشة المدنية

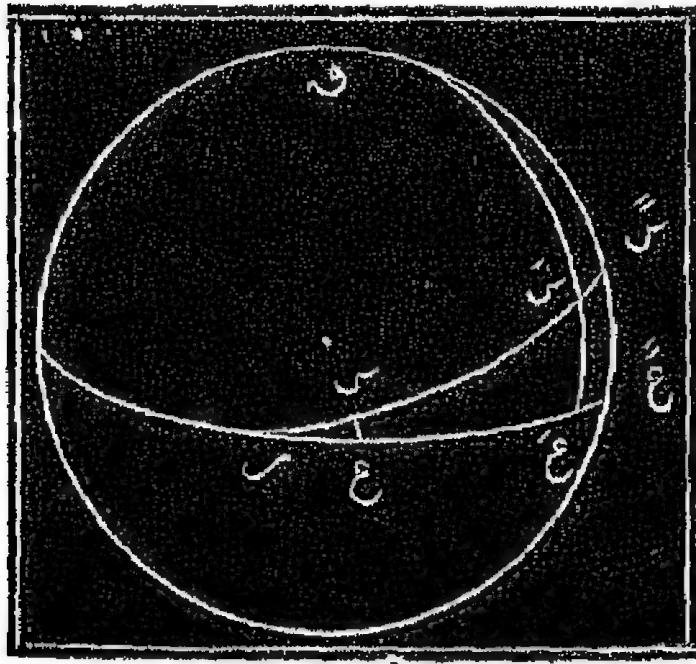
لكن الايام الشمسية التي هي عبارة عن المسافات بين الممرات المتتالية للشمس بمستوى الزوال بهما عيب وهو عدم تساوي مددها وينشأ ذلك عن سببين

وذلك لانتفاذ علمنا فيما تقدم أن الشمس في مدارها الظاهري او الارض في مدارها الحقيقي تتحرك بسرعة متغيرة وتقطع في أزمنة متساوية أقواساً تكبر كلما صغر بعد الكوكبين أي كلما قربت الشمس من الحضيض وان زيادة اليوم الشمسي عن اليوم النجمي تتعلق بسعة هذه الاقواس وعلى ذلك تكون هذه الزيادة متغيرة وهذا هو السبب الاول لعدم تساوي الايام الشمسية

٩٣ - عدم انتظام حركة الشمس في المطلع المستقيم - والسبب الثاني هو ميل الدائرة الكسوفية على دائرة المعدل

لانه اذا فرضنا أن الشمس تقطع القوسين المتساويين α و β في زمن واحد على الدائرة الكسوفية في وقتين مختلفتين من السنة كفي وقت الاعتدال الربيعي والمنقلب الصيفي

مثلاً فان القوسين $س ع$ و $ع ع$ اللذين تقدر بهما حركتهما في المطالع المستقيم لا يكونان متساويين لان المثلث $ع س ع$ القائم الزاوية في $ع$ يمكن اعتباره مستقيماً الاضلاع اصغر



ش ٤٠

أضلاعه وقيه $ع س$ أصغر من الوتر $س ع$ بخلاف $ع ع$ الذي يكاد أن يكون موازياً $س ع$ فانه بالعكس أكبر منه أعني أن $ع ع < س ع$ لان هذين القوسين اللذين يعينان تباعد دائرتي الميل $ع ع$ و $ع ع$ أحدهما على دائرة المعدل والاخر يمكن اعتباره على موازى على دائرة نصف قطرها أصغر من نصف قطر دائرة المعدل

(شكل ٤٠)

٩٤ - الشمس التصورية - الشمس الوسطية - حيث أن اليوم الشمسي متغير فلا يمكن أخذه وحدة للزمن ومع ذلك لما كانت أشغال واستراحة سكان الارض تابعة لسير الشمس اليومي لزم انتخاب وحدة للزمن تكون غير متغيرة ولها ارتباط بـ وحدة اليوم الشمسي الحقيقي فتوصلوا لذلك بالاعتبارات الآتية وهي انهم تصوروا شمساً تتحرك كـ الشمس الحقيقية على الدائرة الكسوفية حركة منتظمة بسرعة (هي السرعة المتوسطة للشمس الحقيقية) بحيث ان موضعى هاتين الشمسين ينطبقان في وقت الحضيض وبالتبعية في وقت الاوج أعني في اللحظة التي فيها سرعة الشمس الحقيقية تأخذ نهايتها العظمى والصغرى وبهذه الكيفية توجد الشمس الحقيقية تارة سابقة للشمس التصورية وتارة متأخرة عنها سابقة لها من الحضيض الى الاوج ومتأخرة عنها من الاوج الى الحضيض

وبذلك ينعدم السبب الاول لعدم تساوى الايام الشمسية الناشئ عن تغير سرعة الشمس ولاجل منع السبب الثاني تصوروا شمساً تصورية أخرى تتحرك على دائرة المعدل بحركة منتظمة وبسرعة الشمس التصورية الاولى التي تتحرك بها على الدائرة الكسوفية وجعلوا الشمسين يتبدآن في لحظة واحدة من اعتدال واحد وبهذا الفرض الثاني ينعدم السبب الثاني لعدم تساوى الايام الشمسية الناشئ عن ميل الدائرة الكسوفية

ويعطى للشمس التصورية الثانية اسم شمس وسطية وهى وراتها المتعاقبة بزوال محل هي التي تستعمل لتثبيت مبدأ الايام الوسطية المتعاقبة

٩٥ - اليوم الشمسي الوسطى - من البديهي أن هذه الشمس الوسطية تمر بمستوى الزوال في مسافات زمنية متساوية ويعطى لكل مسافة من هذه المسافات اسم يوم وسطى ويسمى زمنا وسطيا الزمن الناتج من تعاقب الايام الوسطية لحظة مرور الشمس الحقيقية بمستوى الزوال تسمى الظهر الحقيقي أو المرقى لحظة مرور الشمس الوسطية به تسمى الظهر الوسطى ويمكن تعيين لحظة مرور الشمس الوسطية بمستوى الزوال كما لو كانت موجودة حقيقة وينقسم اليوم الشمسي الوسطى كاليوم النجمي الى ٢٤ ساعة وسطية والساعة الى ٦٠ دقيقة والدقيقة الى ٦٠ ثانية

٩٦ - تعديل الزمن - يوجد بين الشمس التصورية الاولى والشمس الحقيقية تباعد متغير وبسبب ميل الدائرة الكسوفية يوجد كذلك تباعد بين الشمس التصورية الاولى والشمس الوسطية وبناء على ذلك تختلف الشمس الحقيقية والشمس الوسطية في المطلع المستقيم ويسمى هذا الفرق تعديل الزمن ولا يصل الى ١٧ أبدا ولا بد للمرور من الزمن الشمسي الحقيقي الى الزمن الوسطى من بيان مقدار تعديل الزمن في كل وقت

وحيث ان السنة الانقلابية تحتوى على ٣٦٦,٢٤٢٢١٧ يوما نجميا وان نصف القطر البورى يرسم كذلك ٣٦٠ في هذه المدة فمركتها المتوسطة في مدة يوم واحد نجمي تكون

$$0.876615 = \frac{360}{366,242217}$$

ويكون هذا المقدار هو سرعة الشمس الوسطية فاذا فرضنا هذه السرعة بالحرف ع وبالحرف ن للزمن النجمي الذي يمضي من الاعتدال الربيعي الى اللحظة المعتبرة فالمطلع المستقيم للشمس الوسطية يكون ع × ن ويختلف المطلع المستقيم للشمس الحقيقية عن ع ن بالزيادة أو بالنقص وحساب تعديل الزمن يلزم معرفة كيفية إيجاد طول الشمس التصورية الاولى وذلك يكون بمعرفة الحركة الظاهرية للشمس الحقيقية في الدائرة الكسوفية وهى مسألة تتعلق بالفلك العملى ويكتفى فقط بالجداول البحرية المسماة (نوتيكال المنالك) التى يوجد فيها مقدار تعديل الزمن لكل يوم من السنة وينعدم تعديل الزمن أربع مرات في السنة وأوقات انعدامه لسنة ١٨٧٩ هـ ١٥ ابريل و ١٤ يونيه و ٣١ أغسطس و ٢٤ ديسمبر

٩٧ - نسبة اليوم الوسطى الى اليوم النجمي - قد ذكرنا سابقا أن اليوم الشمسي أكبر من اليوم النجمي ويناسب هذه الزيادة ويسهل علينا الآن حساب نسبة اليوم الشمسي الوسطى الى اليوم النجمي

ففي مسافة يوم نجمي تقطع الشمس الوسطية على دائرة المعدل في الجهة الطردية قوسا قدره $٥٨\ ٥٨,٦٤٢$ وبناء على ذلك لا ترسم حقيقة في هذه المسافة بسبب الحركة اليومية قوسا قدره ٣٦٠ بل قوسا مقداره $٣٦٠ - (٥٨\ ٥٨,٦٤٢)$ وحينئذ نقدر مدار اليوم الشمسي الوسطي أعني الزمن اللازم لقطع ٣٦٠ يكون مبينا بالمقدار

$$\frac{س}{١} = \frac{٣٦٠}{(٥٨\ ٥٨,٦٤٢) - ٣٦٠}$$

ومنه

$$س = ١٠٠٢٧٣٩ = \text{يوم نجمي} \quad \begin{matrix} \text{ث} & \text{د} & \text{س} \\ ٥٦,٥٥٥ & ٣ & ١ \end{matrix} \text{ يوم نجمي}$$

يعني أن اليوم الشمسي الوسطي يزيد عن اليوم النجمي بقدر أربع دقائق نجمية تقريبا ويمكن بالعكس بيان اليوم النجمي بواسطة اليوم الشمسي الوسطي ويوجد مقدار اليوم النجمي

$$\frac{\text{يوم شمسي وسطى}}{١٠٠٢٧٣٩} = ٠,٩٩٧٢٦٨ = \text{يوم شمسي وسطى} \quad \begin{matrix} \text{ث} & \text{د} & \text{س} \\ ٥٦ & ٣ & ١ \end{matrix}$$

٩٨ - المدد المنسوبة لليوم النجمي واليوم الوسطي - قد تقدم أن السنة الانقلابية مقدرة بأيام نجمية هي $٣٦٦,٢٤٢٢١٧$ ولنبحث الآن عن مقدارها بأيام شمسية وسطية ولذا نقول قد تقدم أن النسبة بين اليوم الشمسي الوسطي وبين اليوم النجمي هي

$$\frac{٣٦٠}{\frac{٣٦٠}{٣٦٦,٢٤٢٢١٧} - ٣٦٠}$$

وبقسمة عددي الكسر على ٣٦٠ وأجراء الحساب يحدث

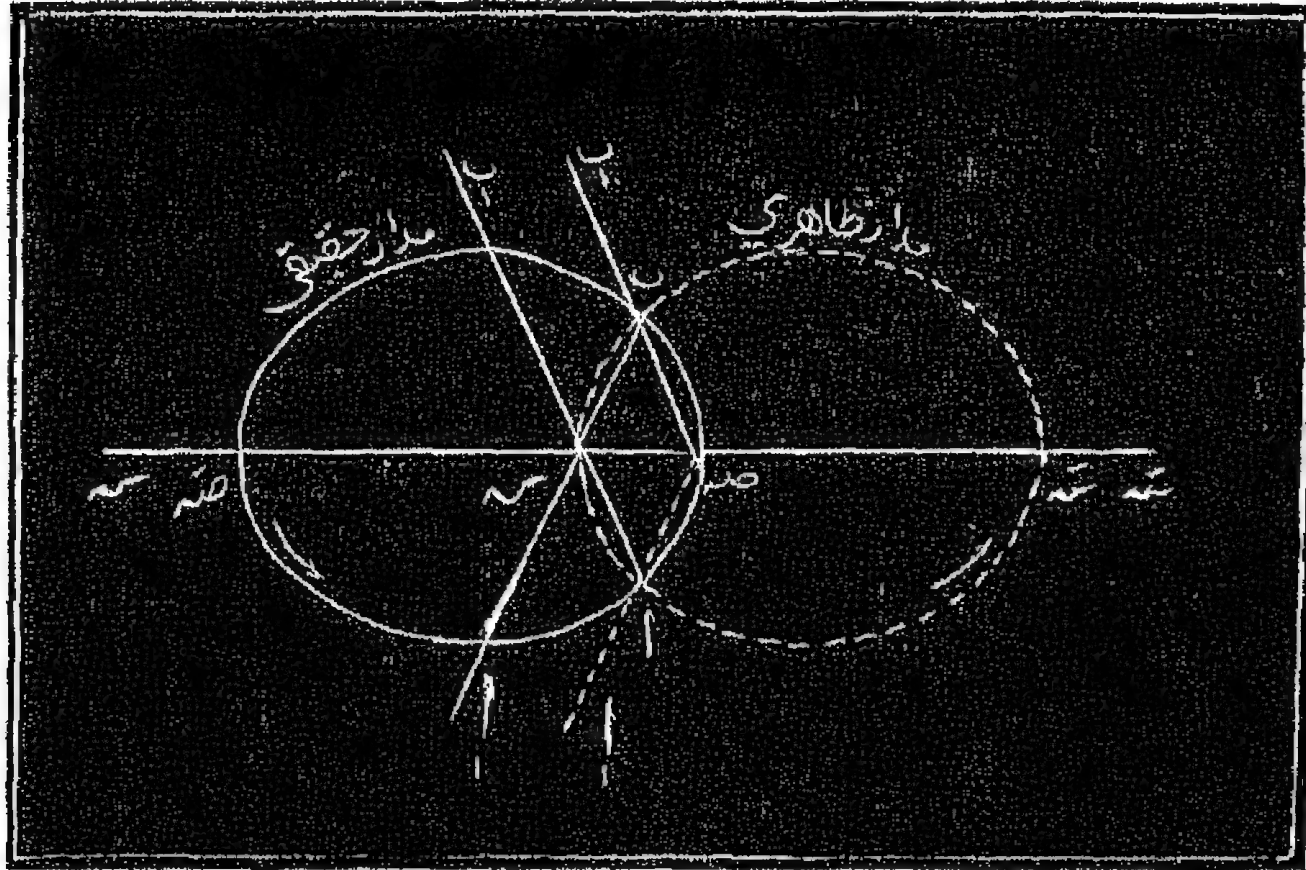
$$\frac{٣٦٦,٢٤٢٢١٧}{٣٦٥,٢٤٢٢١٧}$$

وينتج من ذلك أن $٣٦٥,٢٤٢٢١٧$ يوما شمسيا وسطيا يساوي $٣٦٦,٢٤٢٢١٧$ يوما نجميا أعني أن طول السنة الانقلابية مقدرة بأيام شمسية وسطية هو $٣٦٥,٢٤٢٢١٧$ وحينئذ فمدة السنة الانقلابية تنقص يوما شمسيا وسطيا عما تحتويه من الايام النجمية

وحينئذ فيوجد ثلاثة أنواع من الايام أحدها اليوم النجمي ومدته واحدة ويقدر بمدة دورة كاملة للأرض وثانيها اليوم الشمسي الحقيقي ومدته متغيرة وهي مبينة بمرورات الشمس المتتالية بمستوى الزوال وثالثها اليوم الشمسي الوسطي وهو متوسط الايام الشمسية الحقيقية للسنة بأكلها

١٠١ - ايضاح الظواهر بفرض حركة الارض - قبل أن نذكر البراهين التي تؤكد انتقال الارض نبين لك ان الحركة الخاصة للشمس التي يسميها يظهر انهم تنتقل في ظرف سنة وتقطع بالتوالي جميع الصور المنطقية وان المدار النافسي الذي ظهر لنا انها تتحرك عليه بسرعة متغيرة وعلى ابعاد عن الارض متغيرة كلها ظواهر تكون هي بعينها اذا قلنا ان المتحرك هو الكرة الارضية

وذلك ان نبتدي من اللحظة التي تكون الشمس فيها في الحضيض في س على مدارها الظاهري (شكل ٤١) التي تشغل الارض صه أحد بورتية ثم نجعل الشمس بورة لقطع ناقص مساو للاول وموضوع بعكسه فتكون الارض حينئذ في الحضيض بالنسبة له



ش ٤١

فالشمس بسبب حركتها الخاصة ترسم قوسا س ه ا ومتى وصلت الى ا نراها من الارض المفروضة ثابتة في الاتجاه صه ا بحيث ان مركزها متى صارت في ا ينطبق على نجوم جديدة وتلك هي الظواهر التي نشاهدها

اكن اذا فرضنا ان الارض هي المتحركة والشمس ثابتة وانها ترسم في جهة عكسية القوس صه ب المساوي للقوس س ه ا على القطع الناقص الذي تشغل الشمس بورتية فثابت ان من الارض ب مركز الشمس في الاتجاه ب سه الموازي صه ا بالضبط وحيث ان الخطين المتوازيين يتلاقيان على سطح الكرة السماوية التي نصف قطرها غير محدود ففي هذا الفرض أيضا يرى مركز الشمس منطبقا على نفس النجوم التي شوهدت منطبقا عليها في الفرض الاول

وحيث ان ما قلناه على وضع خصوصى للشمس وللارض يجرى بدهة على أى وضع للكوكبين
ينتج من ذلك ان جميع الظواهر المنسوبة للحركة السنوية للشمس تبقى بعينها بفرض ان الارض
هى التى تتحرك بهذه الحركة

١٠٢ - جهة الحركة الانتقالية للارض - يشاهد من الشكل أيضا ان المدار الظاهرى
والمدار الحقيقى مرسومان فى جهة واحدة لانه وان ظهر ان القوسين س ا و ص ب
مرسومان فى جهتين متضادتين فذلك لانهما متعاكسا للتغير والحقيقة هى انه اذا حصلت
احدى الحركتين كما يرى فى الشكل من اليمين الى اليسار فكذلك تحصل الحركة على القطع
الناقص الثانى من اليمين الى اليسار وجهة هذه الحركة هى عين جهة الحركة الدورانية للارض
الحاصلة من الغرب الى الشرق كما هو معلوم

ويمكن تطبيق جميع ما قلناه فى حركة الشمس على الحركة الانتقالية للارض حول الشمس
ويحصل هذا الانتقال فى مسافة سنة أو ٣٦٥ يوما وربع يوم تقريبا بسرعة تبلغ نهايتها
العظمى فى الوقت الذى يكون فيه بعد الكوكبين أصغرا ما يكون أعنى وقت الحضيض فى أول
يناير ويأخذ هذا البعد فى الازدياد بغير انقطاع لغاية الاوج فى أول يولييه ثم يتناقص فى النصف
الآخر من المدار

واذا نظر الى الشمس من الارض يظهر انهما فى مستوى دائرة المعدل فى وضعين من الاوضاع
الاربعة الاصلية وهما نقطتا الاعتدال وانهما ترتفع أو تنخفض أعظم ارتفاع أو أعظم
انخفاض فوق أو تحت هذا المستوى فى النقطتين الاخرين وهما المنقلبان

١٠٣ - توازى محور الدوران - مستوى دائرة المعدل - اذا فرض عدم تحرك
الارض يبقى مستوى دائرة المعدل ثابتا وثبات ميله على الدائرة الكسوفية هو بسبب عدم
تغير هذا المستوى الاخير

وبفرض ان الارض هى المتحركة فانها تجذب معها فى الفراغ مستوى خط استوائها
أو مستوى دائرة المعدل بحيث ان هذا المستوى يبقى دائما موازيا لنفسه وحينئذ فزاوية دائرة
المعدل مع الدائرة الكسوفية تبقى كذلك ثابتة

وحيث ان محور الدوران عمود على دائرة المعدل فيبقى هذا المحور موازيا لاتجاه واحد كذلك
على الدوام بحيث ان النقط التى يقابل فيها سطح الكرة السماوية غير المحدودة يظهر لنا انما
غير متحركة

١٠٤ - براهين حركة انتقال الارض حول الشمس - أولا حيث أن الارض صغيرة جدا بالنسبة للشمس والنسبة بينهما $\frac{1}{128000000}$ فالأحق والأولى نسبة الحركة الانتقالية للأجسام الصغرى . ثانيا جميع السيارات التي تتحرك في ان واحد بحركة دورانية حول محور منقادة لحركة أخرى انتقالية حول الشمس . وحيث ذكرنا فيما سبق ان الارض لها مشابهة كاية بالسيارات فلتسكن حينئذ حركتها الانتقالية محتملة احتمالا قريبا للغاية . ثالثا في مدة ستة أشهر يمكن التأكد من ان اتجاه الشعاع البصرى الواصل الى نجمة بعينها قد غير اتجاهه وهذه الظاهرة لا يمكن الا اذا كانت الارض تتقل حول الشمس

وبناء على ذلك تكون الارض متحركة \leftarrow كتين آيتين غير متعلقتين ببعضهما واحدى الحركتين هي حركة الدوران التي تنشأ عنها ظاهرة الحركة اليومية للكرة النجمية ويحدث عنها اليوم النجمي . والحركة الأخرى هي الانتقالية أى دورانها حول الشمس وتنشأ عنها ظاهرة الحركة الخاصة السنوية للشمس والسنة والفصول وبانضمامها الى حركة الدوران اليومية تنتج الايام الشمسية وعدم تساوى الليل والنهار الذى يشاهد في العروض المختلفة من الكرة الأرضية

الفصل الخامس

تقدم الاعتدالين - السنة الانقلابية - السنة النجمية -

انتقال القطبين السماويين - التمايل

١٠٥ - توازى محور الدوران أو مستوى دائرة المعدل الأرضية ليس حقيقيا بالضبط قد قررنا في (بند ١٠٣) أولا - أن محور دوران الكرة الأرضية يحفظ وضعها ثابتا في الفراغ وأنه يبقى موازيا لاتجاه ثابت وذلك بالنسبة للإبعاد الغير المحدودة للكرة النجمية ولذلك يبقى مستوى دائرة المعدل موازيا لنفسه أثناء جميع دورة الارض حول الشمس

ثانيا - ان مدار الارض ومستوى الدائرة الكسوفية غير متغيرين وميل الدائرة الكسوفية على مستوى دائرة المعدل ثابت

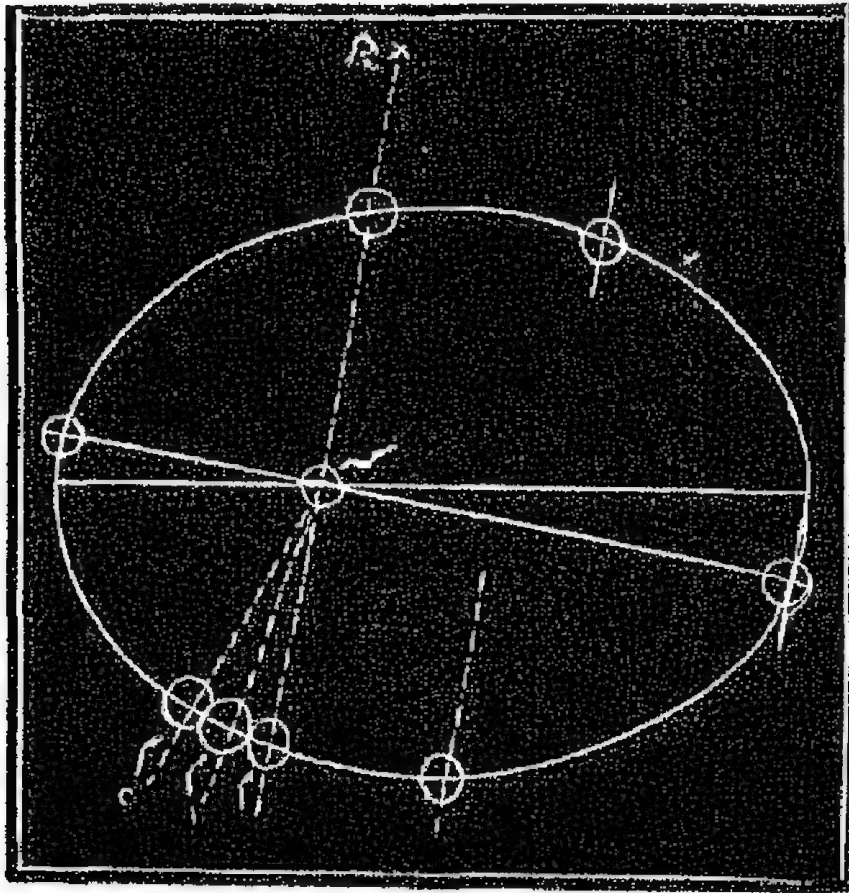
وعلى هذين الفرضين يجب بداهة ان تحفظ نقط الاعتدالين والمنقلبين وضعها غير متغير على المدار مطابقة دائما للنجوم واحدة من الكرة السماوية

لكن الحقيقة ليست كذلك فان الفلكيين قد علموا ان هذه العناصر المختلفة تتغير وان تغيرها

البطى يحدث على طول الزمن تغيرات عظيمة في الاوضاع النسبية للشمس والارض والصور السماوية

١٠٦ - اكتشاف تقدم الاعتدالين - أحد الظواهر المهمة التي هي من هذا القبيل هي الظاهرة التي عرفت من منذ ٢٠٠٠ سنة وسميت تقدم الاعتدالين وينسب استكشافها الى الفلكي الشهير (هيبارك) الاسكندري (من اسكندرية)

فما سبق يعلم ان لحظة الاعتدال الربيعي مثلا تحصل وقت ما يوجد مركز الشمس في مستوى دائرة المعدل أعني وقت ما يمر خط تقاطع خط الاستواء الارضي مع الدائرة الكسوفية بالشمس



ش ٤٢

بسبب الحركة السنوية للارض فلو بقي خط التقاطع المذكور موازيا لنفسه على طول السنين فن البديهي انه في طرف سنة يكون الاعتدال م قد حصل في النقطة من المدار بذاتها كما يتضح من (شكل ٤٢) بحيث انه اذا كان مركز الشمس منطبقا في الاعتدال الاول على نجمة مأمثل من الدائرة الكسوفية فان في الاعتدال التالي تكون النجمة م بذاتها هي الدالة على مركز الشمس في الكرة السماوية

ولكن (هيبارك) هو أول من علم ان الامر ليس كذلك فانه أثبت ان رجوع الاعتدال قد حصل قبل رجوع النجمة بحيث ان مركز الشمس في لحظة الاعتدال كان لا يزال باقيا عليه قوس يرسمه في حركته الخاصة الظاهرية حتى يصير بعد رسمه منطبقا على النجمة بالثاني أو أن الارض قد وصلت نقطة م وكان عاينها ان ترسم القوس م م حتى يوجد مركز الشمس بالثاني منطبقا على النقطة م بذاتها من الكرة السماوية وفي السنة التالية يحصل تقدم مثل هذا للاعتدال وهكذا على طول السنين حتى ان نقط الاعتدال م و م و ... يظهر انها ترجع الى وراء أو تتأخر في جهة عكسية لحركة الارض أو انها تتقهقر

وبناء على ذلك تسبق الاعتدالات المتتالية شيئا فشيئا لحظات رجوعات الشمس الى النجمة بذاتها أو بعبارة أخرى تتقهقر نقط الاعتدال ومن ذلك نتجت هذه التسمية وهي تقهقر نقطتي الاعتدال أو تقدم الاعتدالين والاولى هي المستعملة اليوم

١٠٧ - السنة الانقلابية والسنة النجمية - السنة الانقلابية هي المسافة التي تضي بين رجوعين متتاليين للارض الى اعتدال واحد والسنة النجمية هي المسافة المحصورة بين رجوعين متتاليين للارض الى النقطة التي منها شوهدت الشمس منطبقة على نجمة واحدة والسنة النجمية تزيد عن السنة الانقلابية حينئذ بقدر الزمن اللازم للارض في قطع أحد الاقواس التي مثل م م

١٠٨ - المقدار المتوسط للتقدم - الاقواس م م و م م صغيرة جدا ومقدارها يتغير بين ٥٠ ر و ٥٠ ر ٥ (وهيبارك) لم يمكنه أن يقيس هذه الاقواس خصوصا في ذلك الوقت الذي لم تكن فيه صناعة الآلات الفلكية متقدمة وانما تجمع هذه الاقواس المتتالية صار محسوسا على طول الزمن لانه من سنة الى سنة بالنسبة للوضع الواحد للشمس وفي الاوقات الواحدة من السنة صارت الصور المقطوعة بالشمس أو المقابلة لها ليست هي بذاتها لان التقدم الذي مقدار ٥٠ ر ٥ في السنة يصير تقريبا في مسافة ٧٢ سنة أو ٣٠ في ٢١٦٠ سنة ولهذا السبب فان الصور التي كانت تدل على الاوضاع المتتالية للشمس على منطقة فلان البروج في الاشهر المختلفة من السنة في أيام (هيبارك) (١٥٠ قبل الميلاد) لم تكن اليوم هي بذاتها في الاوقات بعينها ولا يوجد حينئذ تطابق بين البروج وبين الصور المنطقية ومع ذلك فقد حفظت للبروج أسماءها القديمة أي أسماء الصور التي كانت تقرأ الشمس منها من منذ ٢٠٠٠ سنة

١٠٩ - محور ومستوى الدائرة الكسوفية غير متغيرين - حيث علمت ظاهرة تقهقر نقطتي الاعتدال ومقدار ذلك التقهقر قن بين لك أسبابه فنقول لاجل معرفة الحركة التي ينشأ عنها هذا التغير المتزايد قد صار البحث في التأثيرات التي يحدثها هذا التغير في منظر السماء فعلم أن محور دوران الارض ومستوى خط استوائها وضعهما ثابت عليهما والاطوال والعروض الجغرافية غير متغيرة وأن النجوم حافظة أوضاعها بنسبة واحدة (ماعدا الحركات الخاصة البطيئة جدا الحاصلة لبعض منها) لكن ليس الامر كذلك بالنسبة لاهدياتهم السماوية أعني أوضاعها منسوبة لمستوى دائرة المعدل أو لمستوى الدائرة الكسوفية فان هذه الاحداثيات متغيرة وقد علم بالبحث في هذا التغير ما يأتي

أولا - ان المطالع المستقيمة والميول تعتبرها تغيرات مستقرة
ثانيا - ان العروض غير متغيرة وأما الاطوال فانها تزداد دائما بكمية تساوي مقدار تقهقر نقطتي الاعتدال بالضبط

أما عدم تغير العروض السماوية فيستدل منه على أن مستوى الدائرة الكسوفية يبقى غير متغير وأما تغيرات الأطوال السماوية فهي ناشئة عن حركة نقطة الاعتدال التي هي مبدأ الاحداثيات

١١٠ - المخروط المتحرك المرسوم بمحور الأرض - يعلم حينئذ أنه لا يمكن الافتراض واحد هو حركة مستوى دائرة المعدل فهذا المستوى عوضاً عن أن يبقى موازياً لنفسه يدور بكيفية مستمرة بحيث أن تقاطعه بالدائرة الكسوفية يرسم في مسافة سنة زاوية قدرها ٥٠.٢° و (شكل ٤٢) يوضح ذلك جلياً

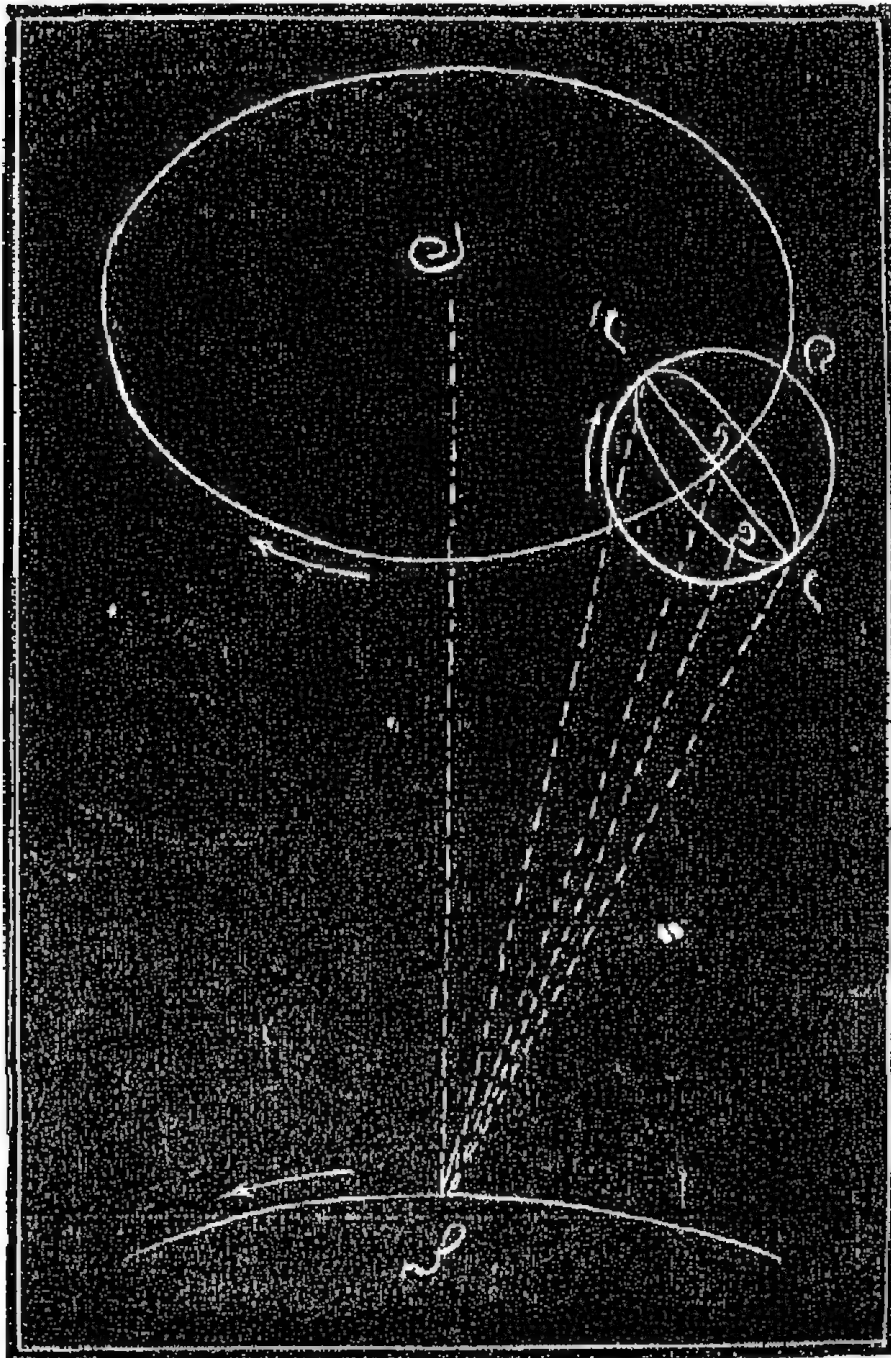
ولكن حركة دائرة المعدل تستلزم دوران محور العالم معها الذي هو عمود عليهما وانتقال القطبين السماويين من سنة إلى سنة بالمقدار الزاوي بعينه (٥٠.٢°) وحيث أن ميل دائرة المعدل على مستوى الدائرة الكسوفية يبقى ثابتاً تقريباً فينتج من ذلك أن محور الأرض يرسم حول محور الدائرة الكسوفية مخروطاً متحركاً وبسبب المقدار ٥٠.٢° في السنة الذي يصل درجة تقريباً في ٧٢ سنة يتم دورة كاملة في ٢٦٠٠٠ سنة تقريباً (٢٥٨١٦)

١١١ - انتقال القطبين السماويين - وبناء على ذلك فالقطبان السماويان اللذان كنا اعتبرناهما ثابتين قبل ينتقلان شيئاً فشيئاً ولذلك لا يطابقان لنجوم واحدة فالיום يقرب القطب الشمالي قرباً غير محسوس من النجمة القطبية المتباعدة عنه بقدر ٣.١° وبعد ٢٥٠ سنة لا يكون هذا البعد إلا ٣.٣° وبعد ذلك الوقت يتباعد القطب الشمالي عن النجمة القطبية وفي ظرف زمن قدره ١٢٠٠٠ سنة تقريبا تصير النجمة المسماة الواقع من النسر الواقع هي أقرب النجوم إلى القطب وتتمتع بدور النجمة القطبية وقتئذ وفي زمن بناء الهرم الأكبر في مصر كانت النجمة ١ من التنين هي النجمة القطبية والانتقال المذكور للقطب يؤثر كذلك على منظر السماء في محل معين ويظهر حصول تغير بطيء في الافاق الأرضية بحيث أن بعض النجوم أبدية الظهور تصير أبدية الاختفاء وبالعكس وذلك مثل صورة ذات الكرسي التي هي اليوم من الصور الأبدية الظهور كانت من الصور الأبدية الاختفاء منذ ٤٠٠٠ سنة وأما السبب الطبيعي لتقدم الاعتدالين فهو تأثير جذب كتلة الشمس على الانتفاخ الاستوائي للككرة الأرضية

١١٢ - التمايل - حركة الخضيض - كذلك كتلة القمر تؤثر على الجزء الاستوائي من الكرة الأرضية وتحدث حركة في محور دورانها مدتها $\frac{١}{٢٨}$ سنة وتسمى هذه الحركة بالتمايل فتقهقر نقطتي الاعتدال لا يغير ميل دائرة المعدل على الدائرة الكسوفية وأما التمايل فإنه يزيد وينقص هذا الميل بالدور وبمقارنة الارصاد القديمة بالجديدة يثبت أن هذا الميل

يتغير تغيراً بطيئاً من قرن إلى آخر وقد وجد بناءً على الأرصاد الحديثة أن نقص الميل المذکور يبلغ ٤٨ في القرن أو ٤٨ ر. في السنة

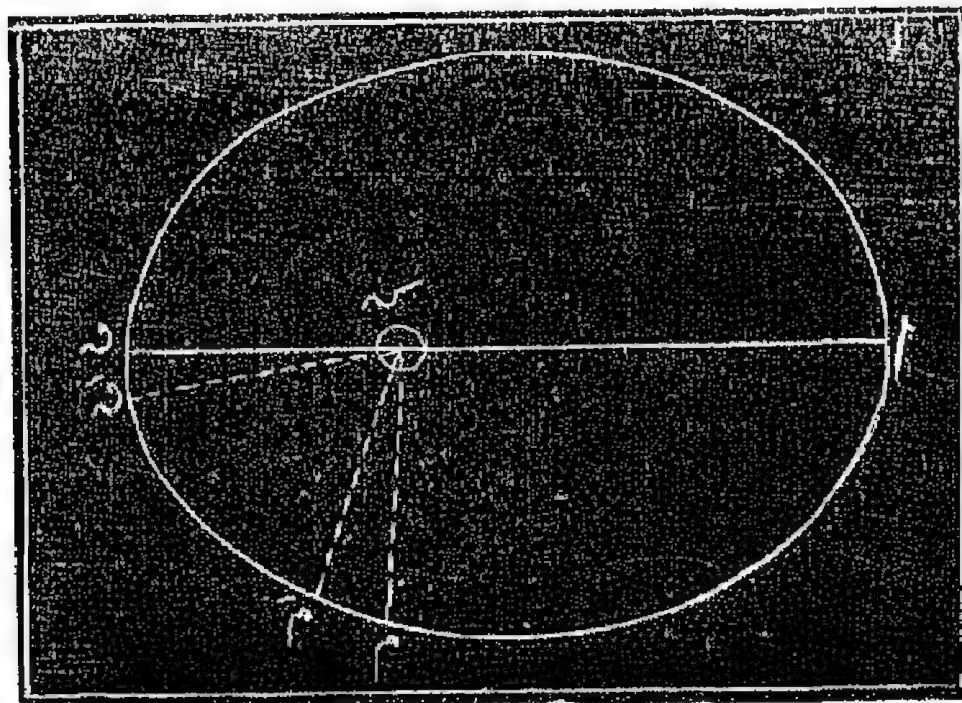
وحركة المحور التي تحدث ظاهرة التمايل مبيّنة في (شكل ٤٣) وفيه ص وضع الأرض على



ش ٤٣

مدارها والسهم بين جهة حركتها حول الشمس وص ك محور الدائرة الكسوفية ول ك قطبها فحور دوران الأرض ص لا يبقى موازياً لنفسه وينتقل ببطء ويرسم حول ص ك العمود على مستوى الدائرة الكسوفية مخروطة تتحرك وتحدث ظاهرة التقهقر لكن ظاهرة التمايل تجعل الحركة الحقيقية لمحور الأرض حاصلة على سطح مخروط صغير ص م م ينتقل مع ذلك ومحوره ص و يرسم حول ص ك المخروط المتحرك المذکور فحركة المخروط الصغير حول الكبير هي ظاهرة التقهقر وحركة محور الأرض على سطح المخروط الصغير هي التمايل

وأخيراً وجد تغير آخر وهو الانتقال البطيء للمحور الأكبر لمدار الأرض وذلك أثناء علمنا أن طول الحضيض الذي يقاس بالقوس م أ ن (شكل ٤٤) من الدائرة الكسوفية المحصور بين الاعتدال الربيعي م ونقطة ن التي توجد الأرض فيها حين تكون في أصغر بعد لها عن الشمس يأخذ في الزيادة شيئاً فشيئاً



ش ٤٤

وفي سنة ١٦٩٠ لم يكن هذا الطول إلا ٣١ ٣٥ ٢٧٧ وفي سنة ١٧٧٥ كان ١٧ ١٣ ٢٧١ وفي سنة ١٨٨٩ صار ٤٦ ٥٣ ٢٨٠ وهي زيادة لا تزيد عن ٦١ في السنة الأقل قليلاً

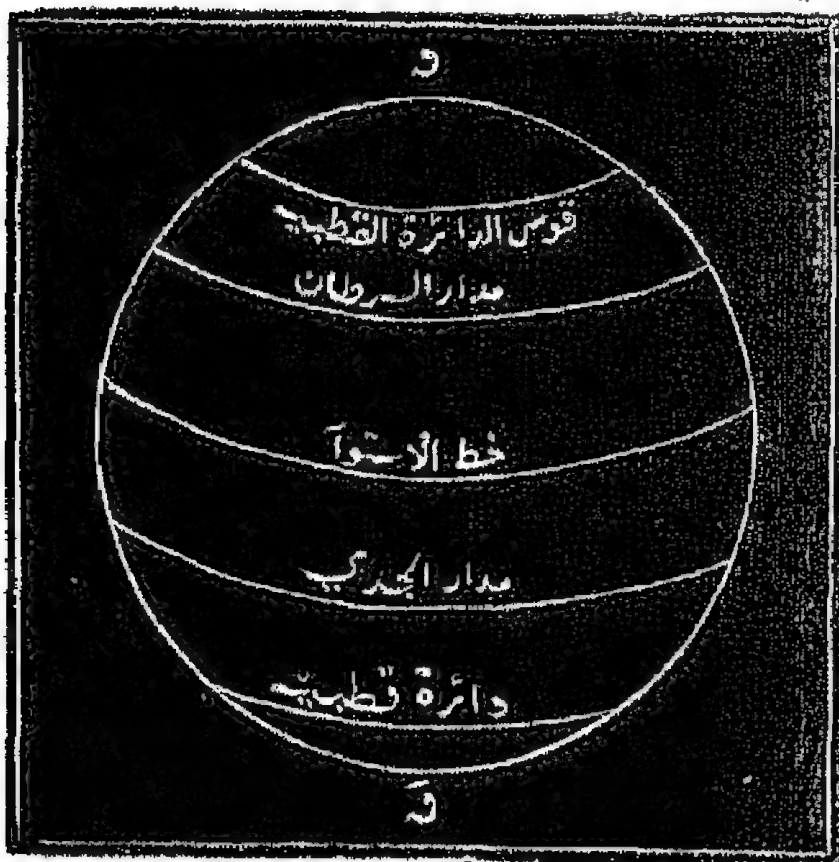
وهذه الزيادة جزء منها ينسب لتقهقر نقطة الاعتدال التي من الوضع م تصير في م على بعد زاوى قدره ٢٠.٥° والجزء الآخر ينسب لانتقال خصوصى للمحور الاكبر أو للحضيض الذى ينتقل الى و والحاصل ان الحضيض الشمسى والاعتدال الربيعى يتقاربان ويمكن معرفة الوقت الذى فيه تنطبق هاتان النقطتان

وحيث ان نقط الاعتدالين والمنقلبين هي التي تعين مبادئ الفصول وان المحور الاكبر للمدار يقسم هذا المنحنى الى قسمين متساويين تقطعهما الارض في مدد متساوية فتطبق الحضيض ونقطة الاعتدال حصل التساوى بين مدتى الربيع والصيف ومدتى الخريف والشتاء بل وان الربيع تكون مدته كالشتاء والخريف كالصيف ولكن هذه الحوادث الخصوصية لا تحصل في الارض الا بعد ٤٧ قرنا

الفصل السادس

الليل والنهار

١١٣ - الليل والنهار - يسمى نهار الزمن الذى تبقى فيه الشمس فوق افق محل بل هو الزمن الذى يمضى من شروق مركز قرص الشمس من الافق الحقيقى الى غروبه بالافق المذكور
١١٤ - تغيرات مدة اليوم - المناطق الارضية - مدة النهار ومدة الليل تتغير في المحل الواحد وفي العرض الواحد بتغير الوقت من السنة ولهذه التغيرات نهاية عظيمة ونهاية صغيرة من ستة أشهر الى صفر وبالنظر الى المدة



ش ٤٥

النسبية لليل والنهار تنقسم الارض الى خمس مناطق يتفصل بعضها عن بعض بالمدارين وبالدائرتين القطبيتين (شكل ٤٥) فالمنطقة الاولى المدارية ويحدها من الشمال مدار السرطان (وعرضه ٢٣° ٢٧° عرضا شماليا) ومن الجنوب مدار الجدي (وعرضه ٢٣° ٢٧° عرضا جنوبيا) ويقسمها خط الاستواء الى قسمين متساويين وتسمى المنطقة الحارة أو المدارية

الثانية - المنطقة المعتدلة الشمالية وهي المحصورة بين مدار السرطان والدائرة القطبية الشمالية (٣٣ ٦٦ شمالاً)

الثالثة - المنطقة المعتدلة الجنوبية وهي المحصورة بين مدار الجدى والدائرة القطبية الجنوبية (٣٣° ٦٦° جنوبي)

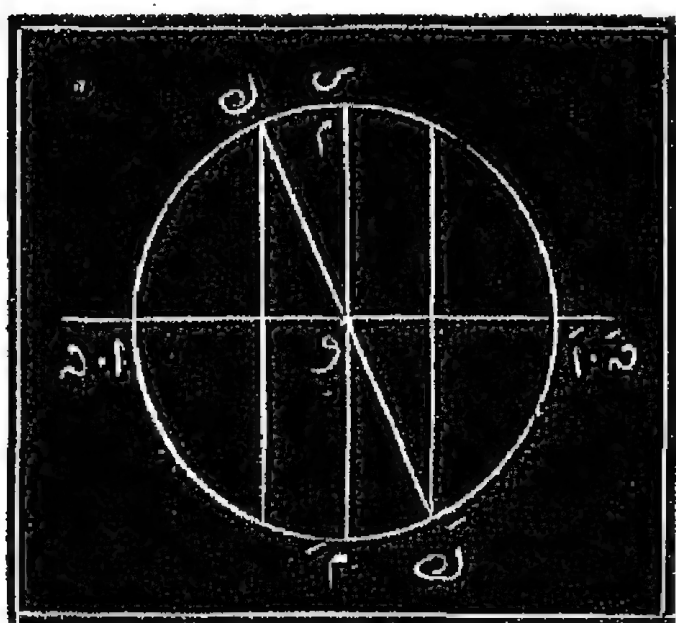
الرابعة - والخامسة المنطقة المنجمدة الشمالية والمنطقة المنجمدة الجنوبية وهما المحصورتان بين القطبين والدائرتين القطبيتين

فالمطقة الحارة والمنطقتان المعتدلتان تحتوى على جميع النقط الارضية التى فيها مجموع مدتى
النهار والليل يساوى يوما شمسيا

وأما المنطقتان المتجمعتان فتشتملان على النقط التي فيها مجموع مدتي النهار والليل يزيد عن مدة اليوم الشمسي ويبلغ سنة كاملة

١١٥ - تساوى النهار والليل في الاعتدالين - قد قلنا ان ظاهرة تعاقب الليل والنهار تتغير امام الراصد على حسب المنطقة التي يوجد فيها وسنبين هذا التغير في اوضاع مخصوصة ولما كان بعد الشمس عن الارض عظيما جاز ان نفرض ان افق نقطة من سطح الارض منطبقا على الافق المار بمركزها

ولنفرض أولا - ان الراصد موجود في خط الاستواء فالعرض يكون معدوما في هذه الحالة
 أعني ان ارتفاع القطب فوق الافق يكون معدوما ويوجد خط القطبين في مستوى الافق
 (شكل ٤٦)



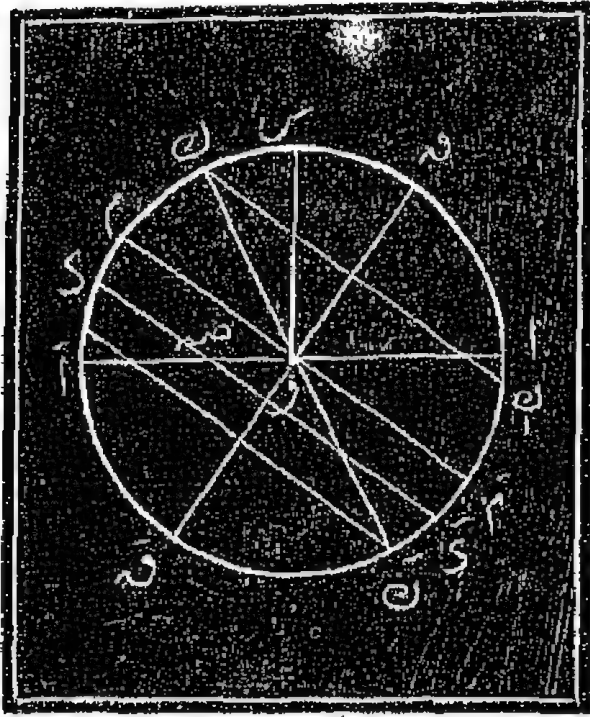
ش ۴۶

و يقسم مستوى الافق خط الاستواء والموازيات الى
قسمين متساويين وحينئذ فهما كان وضع الشمس
على الدائرة الكسوفية تكون مدتها النهار والليل
متساويتين

ثانياً - أن يكون الراصد في المنطقة المعتدلة -
لتسكن و وضعه في مركز الكرة السماوية وان

و م و م (شكل ٤٧) مستوى زوال المحل الذي نجعله مستوى الشكل ويمكن و و
خط القطبين و ا ا و م و ل ك آثار مستوى الافق ومستوى دائرة المعدل ومستوى
الدائرة الكسوفية على مستوى الشكل ونفرض لاجل البساطة ان خط الاعتدالين عمودى
على مستوى الشكل فينسقط عليه في و

ففي الاعتدال الربيعي تكون الشمس في و وترسم دائرة المعدل ويكون النهار مساويا لليل

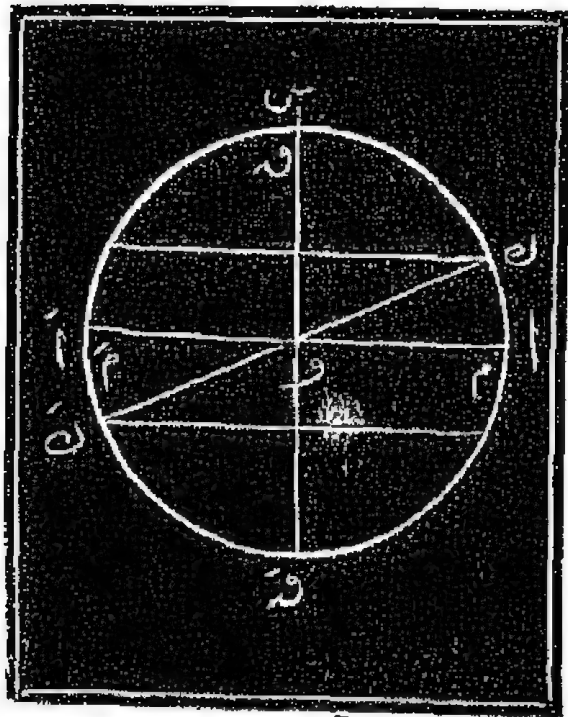


ش ٤٧

ومن الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي تتقدم الشمس نحو نقطة ل وتكون أجزاء الموازيات التي فوق الافق أكبر من أجزائها التي تحته ويأخذ النهار في الازدياد بلا انقطاع ويصل نهايته العظمى في المنقلب الصيفي وبالاتي بدءا من هذه اللحظة لغاية الاعتدال الخريفي ترسم الشمس الموازيات التي رسمتها قبل بذاتها لكن على عكس الترتيب ويأخذ النهار في التساقص حتى يصير مساويا لليل في الاعتدال الخريفي وتكرر الشمس وقتئذ

في نصف الكرة الجنوبي وفي لحظة ما ترسم الموازي د د وحيث ان الجزء د ح هو الذي يوجد تحت الافق أكبر من الجزء الذي يوجد فوقه يصير النهار أقل من الليل ويأخذ النهار في النقص لغاية المنقلب الشتوي الذي يصير فيه الليل في نهايته العظمى ومن المنقلب الشتوي الى

الاعتدال الربيعي يأخذ النهار عين المقدار الثاني كما في الزمن السابق له لكن على عكس الترتيب



ش ٤٨

ثالثا - أن يكون الراصد في القطب - في هذا الوضع تكون الموازيات التي ترسمها الشمس موازية لمستوى الافق (شكل ٤٨) ومن الاعتدال الربيعي الى الاعتدال الخريفي تكون الشمس دائما فوق الافق ومن الاعتدال الخريفي الى الاعتدال الربيعي يحصل العكس وحينئذ يوجد نهار قدره ستة أشهر وليل قدره ستة أشهر

١١٦ - الشمس في السميت - في الاعتدالين ترسم الشمس دائرة المعدل وبالنسبة لافق نقطة من خط الاستواء تصير هي الدائرة العظيمة الرأسية التي تربة قطبي الشرق والغرب وحينئذ تمر الشمس بالسميت في نصف نهار النقطة المذكورة

وهذه الظاهرة مشتركة بين جميع النقط الارضية الموجودة بين خط الاستواء والمدارين لغاية عرض ٢٧° تقريباً لان محور الدوران مائل على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ٢٣° ٦٦' وحينئذ فرأسي نقطة ما عرضها ٢٠° شماليا مثلاً يكون بين الدائرة الكسوفية ودائرة المعدل ولا بد من مرور الشمس به أثناء انتقالها من الاعتدال الربيعي الى المنقلب الصيفي

وبهذه المثابة فإنه في يوم الانقلاب الصيفي تمر الشمس في نصف النهار بسمت جميع النقط الموجودة على مدار السرطان وفي يوم الانقلاب الشتوي تمر بسمت جميع النقط الموجودة على مدار الجدى لأن رأسى أى نقطة من هذه النقط يكون موجودا في مستوى الدائرة الكسوفية

وحينئذ فيمن خط الاستواء والمدارين أعنى في جميع المنطقة الحارة تحصل الحالة بذاتهما مرتين في السنة لأن الارتفاع الزوالى للشمس وقتئذ يبلغ بل يزيد عن 90° و ينتج من ذلك أن الشمس بين هذين الوقتين وأحد المنقلبين تكون وقت الظهر في جهة من الرأسى نحو الشمال وفي باقى السنة تكون في الجهة الأخرى منه نحو الجنوب وسكان المنطقة الحارة يرون ظلمهم حينئذ وقت الزوال تارة منسبة طامحو القطب وتارة في جهة خط الاستواء أعنى في شمال أو جنوب أفقهم

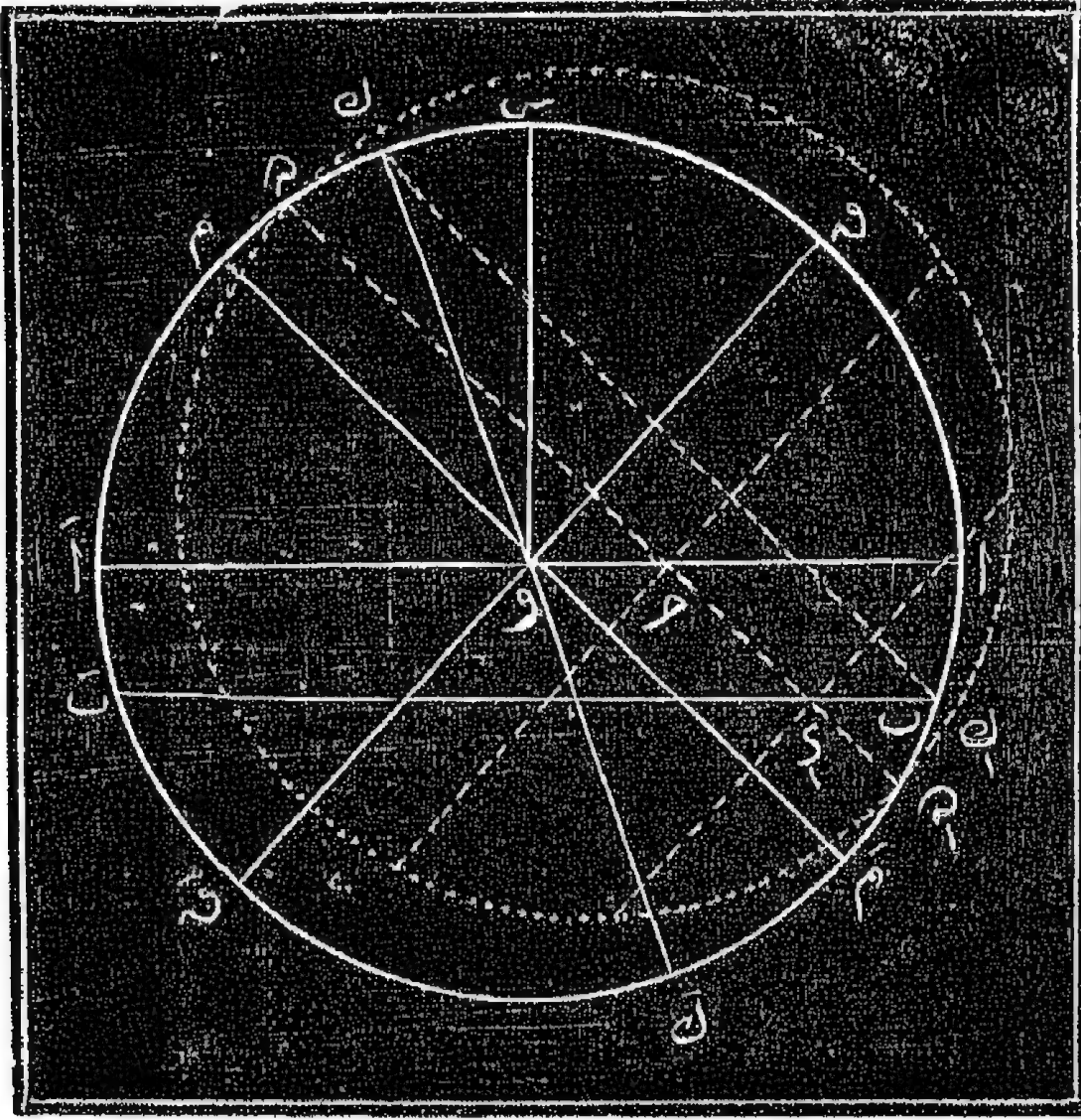
١١٧ - النهاية العظمى والنهاية الصغرى لمدد النهار والليل في عروض مختلفة -
من الجدول الآتى تبين لك مدد أطول الأيام وأقصر الليالى بجملة عروض محصورة بين الدائرتين القطبيتين

عروض	مدة أطول نهار أو أطول ليل	مدة أقصر نهار أو أقصر ليل
٥	د س	د س
١٠ ٠٠	١٢ ٠٠	١٢ ٠٠
١٥ ٠٠	١٢ ٥٣	١١ ٧
٢٧ ٣٣ مدار	١٣ ٢٧	١٠ ٣٣
٣٠ ٠٠	١٣ ٥٦	١٠ ٤
٤٥ ٠٠	١٥ ٢٦	٨ ٣٤
٦٠ ٠٠	١٨ ٣٠	٥ ٣٠
٦٦ ٣٣ دوائر قطبيه	٢٤ ٠٠	٠ ٠٠ دوائر قطبيه

١١٨ - الشفق - مدة النهار التى تسكنها عليها تتغير بسبب الظاهرة المعروفة باسم شفق أو فجر وبيان هذه الظاهرة نقول أنه عندما تكون الشمس تحت افق الراصد لا يصل اليه أدنى شعاع مستقيم لكن الأجزاء العليا من الجو تكون مستضيئة مباشرة ولما كان شأن العناصر الغازية أن تعكس في جميع الجهات الضوء الذى تتلقاه فينشأ عن هذا الفرق نور قليل يسمى الشفق أو الفجر على حسب كون الظاهرة في المساء أو في الصباح

ولنبين ما يكون بعد غروب الشمس فنقول انه بمجرد غروبها تأخذ الطبقة الشفقية الفاصلة
أجزاء الجو التي لم تزل تدخل فيها الاشعة عن الجزء الذي انقطع دخولها فيه في الانحطاط نحو
الافق ولا يبتدئ الليل الا من اللحظة التي فيها ينقطع وصول الاشعة الشمسية الى أي نقطة من
منطقة الجو التي تعاملوا الافق وتكون الشمس وقتئذ على بعد قدره ١٨° وتحصل الظاهرة
صباحا في جهة عكسية فيبتدئ الفجر حينما تكون الشمس تحت الافق بقدر ١٨° ثم ترتفع
الطبقة الفجرية شيئا فشيئا ويعتد النهار الليل

وحينئذ ينشأ عن الشفق زيادة في طول النهار من مدة الليل ومدة الشفق التي هي قليلة في خط
الاستواء تأخذ في الزيادة بازدياد العرض لان الموازيات تأخذ في الميل شيئا فشيئا على الافق



ش ٤٩

ويسهل تعيين هذه المدة في
محل ما بعملية رسمية ونحل
المسئلة بجعل مصر محلا
لرصد مثلا (شكل ٤٩)
ونأخذ مستوى الشكل هو
مستوى زوال المحل وليكن
وسه الرأسى و ق ق خط
القطبين و م م و آ آ
أثر مستوى دائرة المعدل
ومستوى الافق على
مستوى الشكل فيما ان
القوس أ ب يساوى ١٨°

فمذ ب ب موازيا الى آ آ وليكن د د الموازى الذى ترسمه الشمس في يوم معين فمدة
الشفق تطابق بداهة للزمن المستعمل بالشمس اقطع قوس الموازى المنسقط في ح ح فاذا ادير
مستوى الموازى حول د د حتى ينطبق على مستوى الشكل يتحصل بسهولة على النسبة
بين القوس المنسقط في ح ح وبين المحيط بتمامه ومقدار هذه النسبة يكون مبينا المدة الشفق
مقدرة بكسور من اليوم وهذه المدة ليست واحدة في الايام المختلفة من السنة لان الاقواس
المرسومة بالشمس بين الافق والدائرة ب ب ولو أن مساقطها متساوية لساكنها غير متساوية
و درجها ليس واحدا وتصل مدة الشفق في المحررة الى ساعة ونصف

فإذا فرض أن محل الرصد عرضه $٤٩^{\circ} ٥٠'$ أي باريس مثلاً ففي الانقلاب الصيفي يستمر الشفق طول الليل أي لا ينتهي الشفق الا ويظهر الفجر ولا يوجد دليل في مثل هذا المحل في ذلك اليوم وذلك لأن البعد ٩٠° يكون مساوياً إلى $١٩^{\circ} ٢٧' ٢٣''$ وحيث أن الشمس في الانقلاب الصيفي ترسم الموازي $٤٩^{\circ} ٥٠'$ وكان عرض البلد $٤٩^{\circ} ٥٠'$ يكون

$$\sin \delta = \sin \phi \cos \epsilon \quad \text{والقوس } \delta = ١٩^{\circ} ٢٧' ٢٣''$$

$$\sin \delta = \sin \phi \cos \epsilon \quad \text{فيكون } \delta = ١٧^{\circ} ٤١' ٥٢''$$

وفي ذلك اليوم لا تصل الشمس الموازي الموضوع على بعد ١٨° تحت الأفق وعاليه لا ينتهي الشفق حتى يظهر الفجر

الفصل السابع

الفصول الفلكية

١١٩ - الفصول الفلكية - تنقسم السنة إلى أربعة أزمان أي فصول يحدها الاعتدالان والمنقلابان وهي الربيع ويبتدئ من الاعتدال الربيعي وينتهي بالمنقلاب الصيفي والصيف ويبتدئ من الانقلاب الصيفي وينتهي بالاعتدال الخريفي والخريف ويبتدئ من الاعتدال الخريفي وينتهي بالمنقلاب الشتوي والشتاء ويبتدئ من الانقلاب الشتوي وينتهي بالاعتدال الربيعي

والمعطيات المصبوطة لمبادئ الفصول الأربعة تختلف من سنة إلى سنة ولكن بين حدود ضيقة جداً وهالك مدد الفصول لسنة ١٨٨٩ بالنسبة للمعروسة ومبادئها

أول فصل الربيع	١٩	مارس	٥٦	٢٣	(زمن وسطى فلكي)
أول فصل الصيف	٢٥	يونيه	١٥	٢٠	(» » »)
أول فصل الخريف	٢٢	سبتمبر	٥٩	٠٤	(» » »)
أول فصل الشتاء	٢٠	ديسمبر	٠٨	٢٣	(» » »)

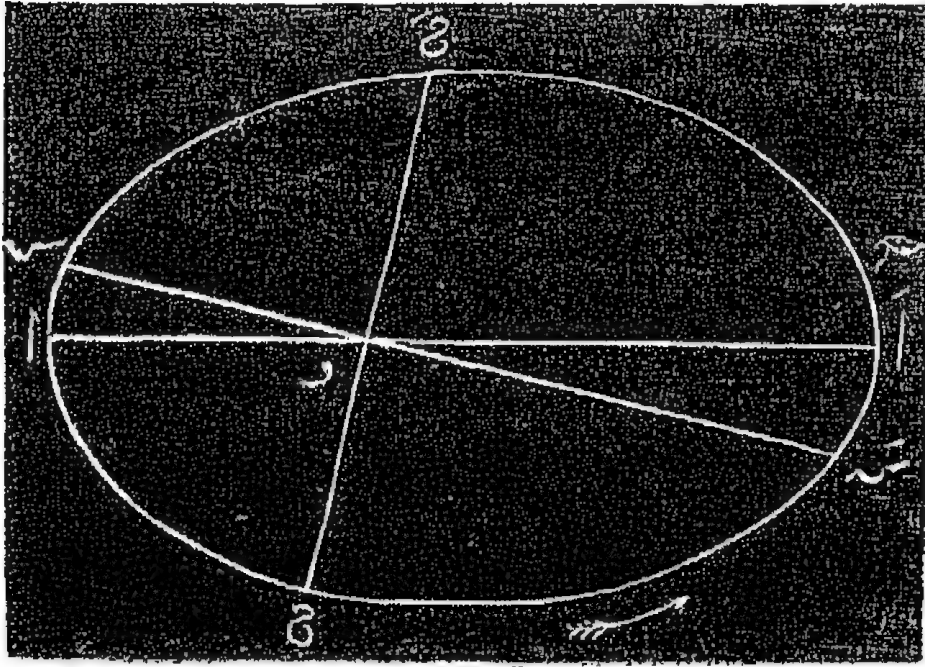
د س يوم
مدة الربيع ١٩ ٢٠ ٩٢

مدة الصيف ٤٤ ٠٨ ٩٣

مدة الخريف ٠٩ ١٨ ٨٩

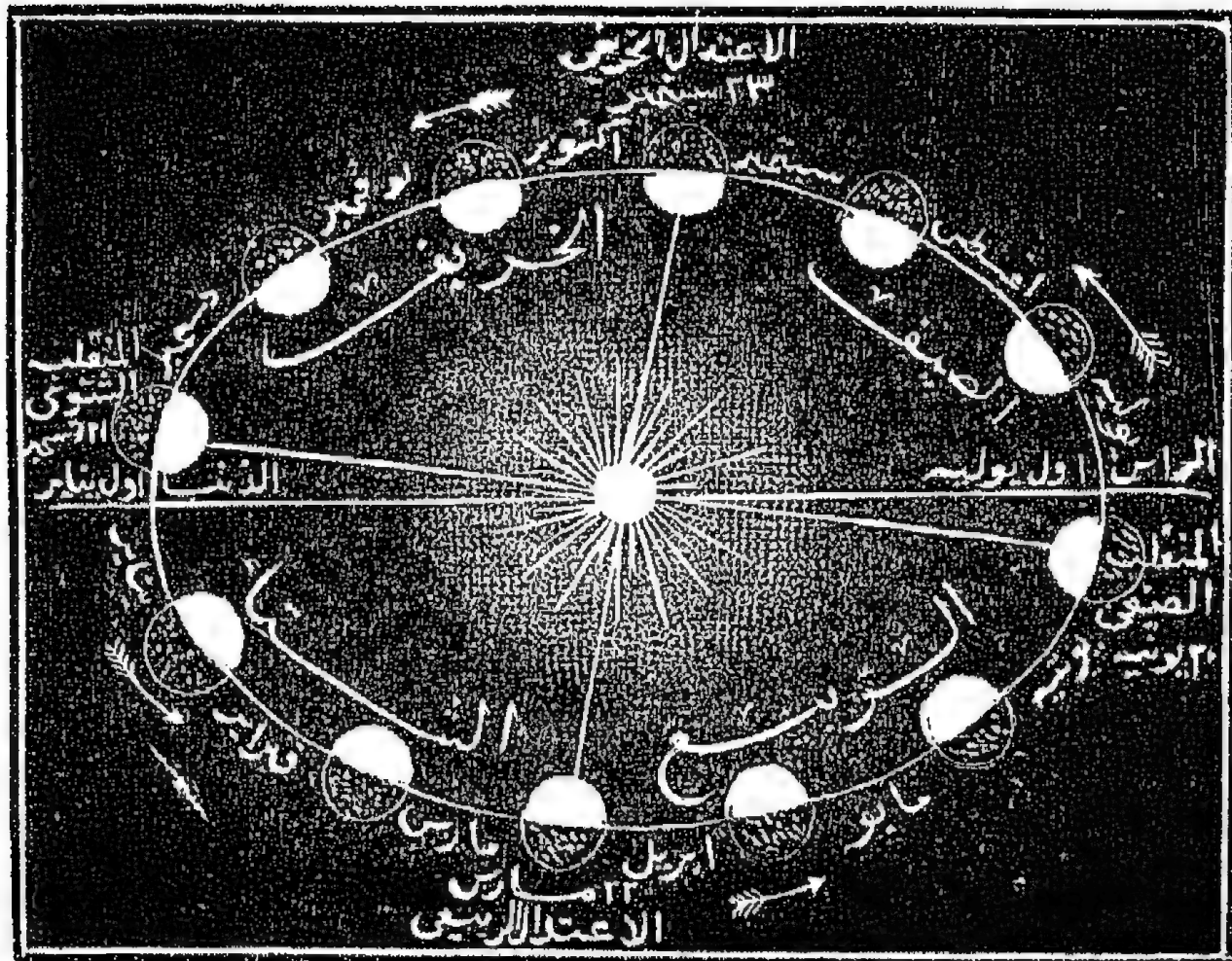
مدة الشتاء ٤٨ ٠٠ ٨٩

١٣٠ - عدم تساوي الفصول الفلكية - يرى من هذا الجدول ان الصيف هو أطول الفصول وان الشتاء أقصرها وسبب عدم تساوي الفصول ناتج عن قاعدة المساحات وعن ميل خط الرأس على خط المثلثين لانتاذا نظرنا الى (شكل ٥٠) نرى ان نصف القطر البوري وح



أصغر من وح وبناء عليه اذا دورنا القطاع س ح س حول س س ح حتى ينطبق على الجزء الآخر من المستوى تقع نقطة ح على وح في نقطة أقرب الى و من ح ومن ذاستنتج أن القطاع س ح وح أكبر من القطاع س ح وح وان القطاع

س ح وح أكبر من س ح وح وبناء على قانون المساحات يكون الزمن المستعمل بالشمس لرسم القوس س ح أكبر من اللازم لرسم القوس س ح وأيضا الزمن اللازم لقطع القوس س ح أكبر من اللازم لقطع القوس س ح أي ان الخريف أطول من الشتاء والصيف أطول من الربيع وأيضا حيث ان نصفي القطرين البوريين وس ح وح أصغر من وح و وس على التناظر فاذا دورنا القطاع س ح وح حول منتصف الزويتين س ح وح حتى ينطبق على القطاع س ح وح يرى أن الأول قد انحصر في الثاني ومنه يستنتج أن الربيع أطول من الخريف وحينئذ يكون ترتيب الفصول بالنسبة لاطوالها هكذا صيف . ربيع . خريف . شتاء و (شكل ٥١) يبين انتقال الارض حول الشمس وترتيب الفصول بالسنة لبعضها



١٢١ - الفصول الجوية - النصول الفلكية المذكورة هي أزمنة ذات طباع متميزة بالنظر الى حرارة الحملات المختلفة من الارض
فبالنسبة لنصف الكرة الشمالي يكون فصل الشتاء هو أبرد الفصول والصيف هو أشدها
حرارة والخريف والربيع معتدلان
وأما في نصف الكرة الجنوبي فالربيع والصيف هما فصلان البرودة والخريف والشتاء
هما فصلان الحرارة ويتضح هذا التخالف الحاصل في نصف الكرة الأرضية بمعرفة الاسباب
الفلكية لتغيرات درجة الحرارة

١٢٢ - اذا اعتبرت الكرة الأرضية بكميتها فكمية الحرارة التي تلتقاها من الشمس
تتعلق ببعد الكوكبين عن بعضهما وتغير بناء على ذلك بتغير البعد المذكور فتبلغ النهاية العظمى
في الحضيض وحيث أن المحور الأكبر للمدار يقسم المنحنى الى جزأين متساويين تقطعهما
الأرض في مدتين متساويتين فينتج من ذلك أن الكرة الأرضية تلتقي من الشمس كميات متساوية
من الحرارة في مدة كل من هذين النصفين من السنة
والارصاد تبين أن الحرارة المتوسطة للأرض ثابتة تقريبا وانها لم تتغير تغيرا محسوسا منذ ألاف
من السنين ويلزم من ذلك أن الأرض تفقد كل سنة بالتشعع في الفراغ جميع الحرارة التي
تلتقاها من الشمس

١٢٣ - تأثير ارتفاع الشمس على شدة التشعع - قد ذكرنا فيما تقدم أن تغير بعد
الشمس عن الأرض يغير كمية الحرارة التي تسقط بها الأرض لكن ذلك التغير لا يكفي لبيان
التغيرات العظيمة التي نعتبر درجة الحرارة في محل معلوم في الاوقات المختلفة من السنة
ولا لايضاح عدم تساوي توزيع درجة الحرارة على العروض المختلفة بل هنالك أسباب أخرى
تنقسم الى قسمين أحدهما يتعلق بالتركيب الطبيعي للأرض وجوها والاخر بالطواهر
الفلكية ونحن نتكلم على هذا القسم الأخير

فهذا القسم يحتوي على سببين فلكيين أصليين يعينان شدة الحرارة التي ترسلها الشمس نحو
نقطة معلومة من سطح الكرة الأرضية ومنهما نتج درجة الحرارة المتوسطة اليوم في زمن معلوم
وهذان السببان هما أولا ارتفاع الشمس وقت الزوال فوق الافق وثانيا المدة التي تستغرقها
لتقطع قوسها اليومي

ويبرهن في الطبيعة على انه اذا وجد سطح مستو أمام ينبوع حراري فشدّة الحرارة الساقطة
عليه تزداد كلما قرب السطح من أن يكون عموديا على الاشعة الحرارية وحينئذ في أثناء شروق

الشمس تأخذ الأرض النهاية الصغرى من الحرارة ثم تسخن شيئاً كلما ارتفع قرص الشمس وقل ميل الأشعة بسبب الحركة اليومية وعند منتصف النهار تأخذ النهاية العظمى من الحرارة ثم تبدئ في النقص لغاية ساعة الغروب

وبمقارنة يومين في وقتين مختلفين من السنة بالنسبة لميل الأشعة الشمسية نجد أن مقدار الحرارة في محل معلوم في كل من هذين اليومين يتعلق بالارتفاع الذي تصل إليه الشمس في وقت الظهر وهذا الارتفاع يتغير بتغير الفصول (١) فيزداد من الاعتدال الربيعي إلى الانقلاب الصيفي ثم يتناقص من الانقلاب الصيفي إلى الاعتدال الخريفي ويصل نهايته الصغرى في الانقلاب الشتوي ثم بعد ذلك يمر في فصل الشتاء بجميع المقادير التي كانت له في فصل الخريف لغاية الاعتدال الربيعي

١٣٤ - تأثير مدة اليوم - كما أن درجة الحرارة تتعلق بارتفاع الشمس فوق الأفق تتعلق بمدة اليوم أعني أن درجة الحرارة تتعلق أيضاً بطول النهار وهذا الطول يزداد في محل معلوم بزيادة ارتفاع الشمس وقت الزوال ويتحدد السببان ويجعلان فصلي الشتاء والخريف باردين والصيف والربيع حارين لكن ذلك عكس الجارى في نصف الكرة الجنوبي لأنه في العرضين المتساويين والمتضادين تتغير ارتفاعات الشمس وقت الزوال في جهة عكسية وكذلك المدة النسبية لأيام والليالي ففيه الخريف والشتاء هما فصلان الحرارة والربيع والصيف فصلان البرودة

١٣٥ - تغيرات درجة الحرارة بحسب العروض - جميع ما ذكر بخصوص درجة الحرارة لمحل معلوم يتضح منه عدم تساوى توزيع كمية الحرارة على حسب العروض فالمنطقة الحارة المحصورة بين خط الاستواء والمدارين تشتمل على المحلات التي درجة حرارتها السنوية المتوسطة أكبر مما يمكن وفيها تختلف طبيعة الفصول قليلاً وذلك لأن فيها تحفظ الشمس بطول السنة ارتفاعاً عظيماً فوق الأفق وقد ذكرنا أن بين المدارين فقط تبلغ نمت الرأس وأشعتها تكون عمودية على سطح الأرض

وفي المنطقتين المعتدلتين يوجد فرق عظيم بين درجات الحرارة للفصول فإن الشمس في الانقلاب الشتوي يكون ارتفاعها قليلاً وفي الانقلاب الصيفي يكون عظيمًا وتقرّب من السمات لكن الذي يميز هاتين المنطقتين عن المنطقة الحارة هو أن مدة الأيام في الفصول الشتوية أصغر من مدتها في الفصول الصيفية

(١) ارتفاع الشمس وقت الزوال يساوى لهم عرض البلد زائد أو ناقص ميل الكوكب ففي المنقلبين يبلغ نهايته العظمى والصغرى وهما بالنسبة للقاهرة $90^\circ \pm 27^\circ 22'$ أعني $62^\circ 38'$ في الانقلاب الصيفي و $31^\circ 36'$ في الانقلاب الشتوي

ثم أن المنطقتين الباردتين هما اللتان درجة حرارتهما أصغر من درجة حرارة المناطق الثلاث المتقدمة وذلك لأنهما مائتان على اتجاه الأشعة الشمسية في مدة الأيام الطويلة للربيع والصيف . وبغياب الشمس في مدة الليالي الطويلة للخريف والشتاء يتجمع الثلج والجليد ويجعل تلك الجهات غير قابلة للسكن

الفصل الثامن

التقويم

١٣٦ - التقويم - هو عمل جداول يعرف منها حساب السنين والأشهر والأيام وقد اختلف الأمم في كيفية حساب السنين لأن السنة الشمسية مركبة كما ذكرنا من أيام صحيحة وكسريوم فالوقت على ذلك تتغير ساعة ابتداء كل سنة ولذلك ضرب قدماء المصريين صنعوا عن الكسروا اعتبروا السنة مركبة من ٣٦٥ يوما فقط وقسموها إلى ١٢ شهرا كل شهر ٣٠ يوما ثم أضافوا إلى آخر كل سنة خمسة أيام تسمى بأيام النسيء والأشهر المصرية هي المستعملة الآن عند القبط وتسمى على التوالي . توت . بايه . هاتور . كيهك . طوبه . امشير . برمها . برمودة . بشنس . بوئه . أبيب . مسرى .

١٣٧ - التصليح أو التعديل اليوايوسى - هذه القاعدة وإن أمكن بها إزالة الاختلاف الذى يقع في ساعة ابتداء كل سنة إلا أنه يبقى مع استتمالها اختلاف آخر في يوم الابتداء وذلك أنه لو فرضنا مرور الشمس بالاعتدال الربيعي في ٢١ مارث فبعد أربع سنين تتجمع كسور الأيام المتروكة وتصير يوما كاملا فتمر حينئذ الشمس بالاعتدال المذكور في ٢٢ مارث وبعد أربع سنين أخرى تمر به في ٢٣ منه وهكذا ولا يخفى ما ينتج من ذلك من الخلاف في الفصول واضطراب مواسم الزراعة ولما نبه لذلك بوليوس قيصر رومية أمر الفلكي (سوسيجينوس) بعمل تعديل فابتدأ بضم ٦٧ يوما إلى السنة التي عمل فيها التعديل أعنى إلى سنة ٧٠٧ لروميا أو سنة ٤٧ قبل المسيح وكذلك قرر أنه في كل أربع سنين تكون الثلاث الأولى ٣٦٥ يوما والسنة الرابعة ٣٦٦ وتسمى بالسنة الكبيسة والسنين العادية تسمى بسنينة وذلك بسبب الساعات الست التي تزيد بها المدة الحقيقية للسنة عن عدد الأيام الصحيحة وانتشرت هذه القاعدة في جميع البلاد (١)

(١) تنبيه - حيث أن السنة الرابعة في كل أربع سنين تكون كبيسة فيكون لمعرفه السنين البسيطة والكبيسة أن نقسم عدد سن التاريخ على ٤ فإن قبل القسم كانت السنة المطالبة كبيسة والافسطة مثلا ١٨٨٨ كبيسة و ١٨٨٩ بسيطة

١٢٨ - التعديل الجريجورى - ان القاعدة اليوليوسية جعلت السنة ٣٦٥ يوما و ٦ ساعات مع انها فى الحقيقة ٣٦٥ يوما و ٥ ساعات و ٤٨ دقيقة و ٥٠ ثانية أعنى ١٧٢٢٤٢٦٥ يوما وسطيا وحينئذ فكل سنة يوليوسية تزيد عن المدة الحقيقية للسنة الفلكية بكسر من اليوم مساو الى ٧٧٨٣.٠٠ ر. أعنى ١١ دقيقة تقريبا وهذا الفرق ولو أنه صغير لكنه يزيد مع الزمن ويصير يوما كاملا فى كل ١٣٢ سنة وفى سنة ١٥٨٢ ميلادية قد وصلت هذه الزيادة الى عشرة أيام فأمر (البابا جريجورى ليامو) البابا أن يصلح هذا الخلل فأسقط ١٠ أيام من تلك السنة بجعله الخامس من شهر اكتوبر الخامس عشر ثم أعاد تكرر هذا الخطأ لاحظ ان الفرق السنوى المذكور وهو ١١ دقيقة يصير ١٨ ساعة تقريبا فى كل مائة سنة وثلاثة أيام فى كل اربعمائة سنة فوجب اذن طرح ثلاثة أيام من كل اربعمائة سنة فأضاف الى القاعدة اليوليوسية قاعدة أخرى وهى ان كل ثلاث سنين مئتين عوضا عن أن تكون كبيسة تكون بسيطة والرابعة تبقى كبيسة وهلم جرا والمراد بالسنة المئتين ما ينتهى عدد التاريخ فيه بأصفىين مثلاها ١٦٠٠ ولزيادة السهولة اتفقوا على أن السنة المئتين الكبيسة هى التى عددها يقبل القسمة على ٤٠٠ فسنة ١٦٠٠ كبيسة و ١٧٠٠ و ١٨٠٠ و ١٩٠٠ بسيطة

وقد قبل هذا التعديل جميع الامم ماعدا المسكوف والاروام والاقباط فانهم بقوا على التعديل اليوليوسى ولذلك نرى فرقا ١٢ يوما ما بين حسابهم وحساب الافرنج ١٠ منها هى الايام التى أسقطها جريجورى والاثنان ناشئان عن جعلهم سنتى ١٧٠٠ و ١٨٠٠ كبيستين والافرنج جعلوهما بسيطتين

ومع ذلك فلا يزال يوجد بين مدة السنة الفلكية والمتخذة فى التقويم الجريجورى للسنة المدنية فرق يبلغ ربع يوم تقريبا كل عشرة قرون أو الى يوم صحيح كل ٤٠٠ سنة بحيث يجب ان يضم يوم لسنة ٥٥٨٢ لاجل تعديل تجمع الخطأ القليل جدا

١٢٩ - مبدأ السنة - مبدأ السنة قد تغير كثيرا أيضا فانه كان عند طائفة من الاروباوين هو اليوم الاول من شهر مارث وعند آخرين ٢٥ دسمبر وآخرين بين ٢٢ مارث و ٢٥ ابريل

واخيرا أصدر (كلوس) التاسع أمرا ملوكيا سنة ١٥٦٤ يجعل مبدأ السنة هو اليوم الاول من شهر يناير وفى الوقت الذى وضعت فيه فى فرنسا القاعدة المترية الجديدة أراد العلماء الذين كانوا مشغولين بهذا الامر جعل مبدأ السنة المدنية موافقا لمبدأ السنة الفلكية يجعل

يوم الاعتدال الخريفي هو أول السنة حيث ان هذا اليوم كان موافقاً لليوم الذي تأسست فيه
الجمهورية الفرنسية

١٣ - الأشهر والاسبوع - تنقسم السنة الى نوعين من الاقسام هما الشهر
والاسبوع وكلاهما منسوب لحركة القرفان شهر مقداره ٢٩,٥٢ يوماً في الحقيقة والمدة
المتوسطة للشهر هي ٣٠ يوماً وكل وجه من أوجه القمر كما سيأتى يعادل سبعة أيام وهي مدة
الاسبوع

وتحتوى السنة المدنية (الشمسية) كما لا يخفى على ١٢ شهراً هاهى أسماءؤها ومدها

أسماء الأشهر	عدد الايام	أسماء الأشهر	عدد الايام	أسماء الأشهر	عدد الايام
يناير	٣١	مايو	٣١	سبتمبر	٣٠
فبراير	٢٨ أو ٢٩	يونيه	٣٠	أكتوبر	٣١
مارث	٣١	يوليه	٣١	نوفمبر	٣٠
ابريل	٣٠	أغسطس	٣١	دسمبر	٣١

وأما أسماء أيام الاسبوع باللغة الافرنجية فأخوذة جميعها ما عدا يوم الاحد الذي كان مخصصاً
للشمس من أسماء السيارات التي كان الرومانيون مخصصين لها الساعة الاولى من كل يوم
وأسمائها باللغة العربية هي . الاحد . الاثنين . الثلاثاء . الاربعاء . الخميس .
الجمعة . السبت .

الباب الرابع الشمس

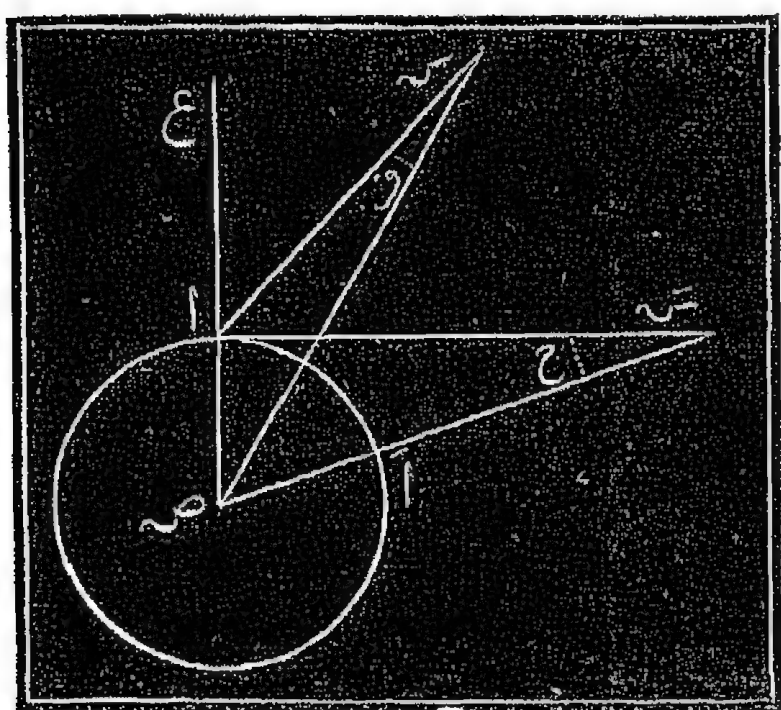
الفصل الأول

شكل الشمس - اختلاف المنظر - بعد الشمس عن الأرض -
النسبة بين حجم الشمس والأرض

١٣١ - شكل الشمس - قرص الشمس مستدير ويظهر ذلك للعين العارية حينما يكون ضوءها الشديد محجوباً بطبقة من السحاب أو من الضباب والقيسة الميكرومترية المتعددة قد أدت التساوى التامة بين جميع أقطاره

وسيتبين أن الشمس حركة دورانية حول نفسها تظهر لنا جميع أوجوهها وناظرها مستديرة فيكون شكلها كروي ليس به انبعاج ظاهر البتة

١٣٢ - اختلاف المنظر - يسمى اختلاف منظر كوكب بالنسبة لنقطة من سطح الأرض الزاوية التي علم يرى الراصد الموجود في مركز الكوكب نصف قطر الأرض الواصل إلى



النقطة المعتبرة من سطح الأرض (شكل ٥٢) وليكن مثلاً س و ص مركزى الشمس والأرض وان أ نقطة ما من سطح الأرض فالمستوى المار بالنقط الثلاث ص و س و أ يقطع الأرض التي نفرضها هنا كروية في دائرة عظيمة وبناء على التعريف تكون الزاوية ص س أ = ف هي اختلاف منظر الشمس بالنسبة لنقطة أ

ش ٥٢

فإذا كانت الشمس في س على المماس من نقطة أ أعني في أفق نقطة أ فاختلف المنظر في هذه الحالة يسمى اختلاف المنظر الأفقي وفيما عدا ذلك من الأوضاع يسمى اختلاف منظر الارتفاع وبالحساب وجد أن اختلاف المنظر الأفقي المتوسط للشمس هو ٨٨ و ٨

١٣٣ - بعد الشمس عن الارض - بمعرفة اختلاف المنظر الافقي للشمس وهو
أسه يمكن معرفة سه الذي هو بعد الشمس عن الارض من القانون $d = \frac{س}{\sin}$ (١)
الذي فيه ح يدل على طول قوس ٨٨ ر ٨ في دائرة نصف قطرها هو الوحدة ويكون

$$d = \frac{س}{\sin} = \frac{ط \times ٨٨ ر ٨}{٦٤٨٠٠٠} = \frac{٦٤٨٠٠٠}{٨٨ ر ٨ \times ط} \times س = ٢٣٣٠٠ س تقريباً$$

(١) اذا مر بالحرف ف لاختلاف منظر كوكب موجود في سه وبجرف سه لبعده
السمتي في هذا الوضع وبالحرف ح لاختلاف المنظر الافقي له و س نصف قطر الارض
و د البعد سه سه = سه فن مثلث سه سه القائم الزاوية يحدث

$$س = د ح$$

وحيث ان الزاوية ح صغيرة جداً يكون

$$س = د$$

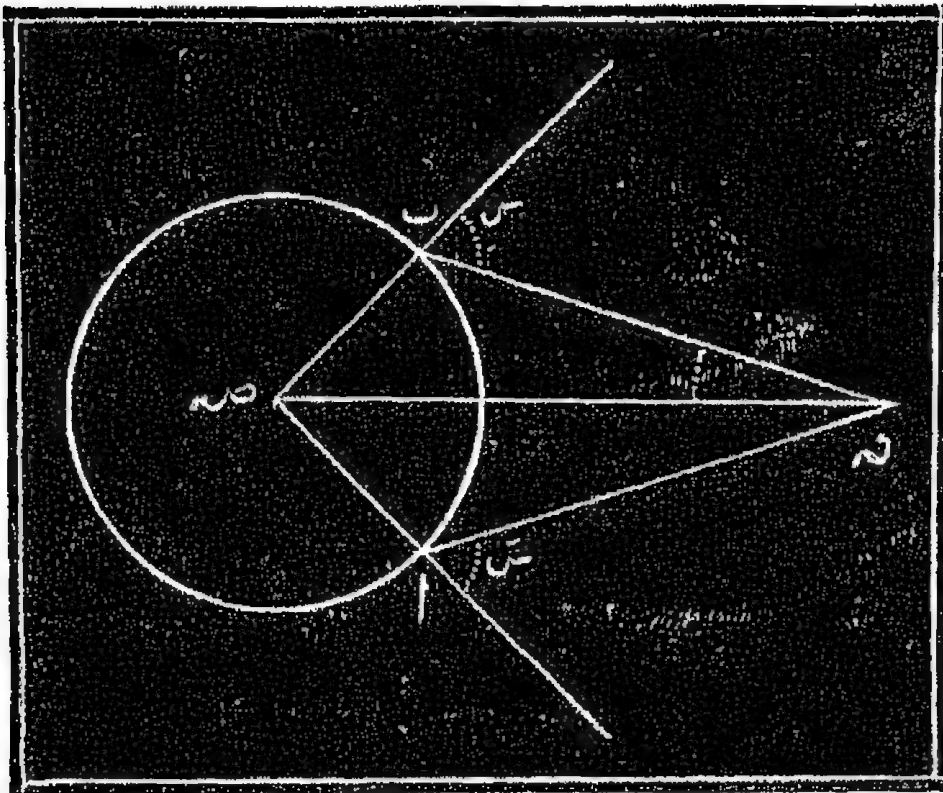
ومن مثلث سه سه المائل الزاوية يحدث

$$\frac{س}{د} = \frac{حاصه سه ا}{حاصه سه اس} \quad \text{أو} \quad \frac{س}{د} = \frac{ف}{حاصه سه$$

وذلك تعويض الجيب بقوسه وبسوية مقدارى د ببعضهما يحدث

$$ف = ح حاصه سه$$

ويلزم حينئذ تعيين اختلاف المنظر الافقي ح وقد سلك المعلم (لالاند) والمعلم (لاكاي)
الطريقة القوسية الآتية لتعيين اختلاف منظر القمر والزهرة والمريخ وذلك انهما وجد اعلى



خط جانبي واحد وأولهما في برلين
والثاني في رأس عشم الخير وليكن
ا و ب هما النقطتان المذكورتان
(شكل ٥٣) اللتان عرضهما ع و ع
مثلاً فالارضدان المذكوران قاسا
البعدين السمتيين سه و سه
وقت مرور الكوكب بمستوى الزوال
فن المثلثين ن ا سه و ن ب سه

يحدث

ش ٥٣

$$ف = سه - ا سه \quad \text{و} \quad ف = سه - ب سه$$

أى ان بعد الشمس عن الارض يزيد عن نصف قطر الارض ٢٣٠٠٠ مرة وحيث ان نصف القطر المذكور يساوى ٦٣٧٧ كيلومترا يكون بعد الشمس عن الارض ٣٨٠٠٠٠٠٠٠ فرسخا تقريبا والضوء الذى سرعته ٣٠٠٠٠٠ كيلومترا تقريبا فى الثانية يستغرق ثمان دقائق وبعض ثوان لقطع البعد المذكور

و يجمع هاتين المتساويتين يحدث

$$ف + ف = س + س - (ع + ع)$$

ثم نعلم ان

$$ف = ع حاسه \quad و \quad ف = ع حاسه$$

ويحدث

$$ف + ف = ع (حاسه + حاسه)$$

أو

$$ف + ف = ٢ ع حاسه (س + س) حاسه (س - س)$$

وبتسوية مقدارى ف + ف يحدث

$$٢ ع حاسه + س = حاسه + س = س + س - (ع + ع)$$

ومنه

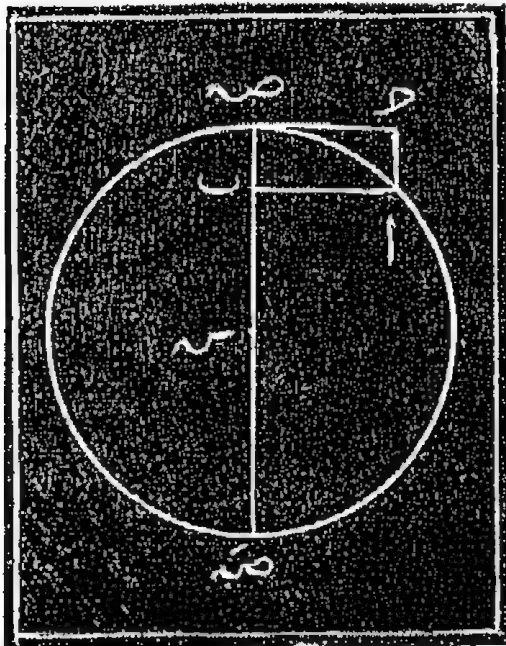
$$ع = \frac{س + س - (ع + ع)}{٢ حاسه + س - حاسه - س}$$

ومتى اريد معرفة حركات الكواكب لزم مقارنة الارصاد المعمولة على سطح الارض ببعضها ومعرفة ما تؤل اليه لو كانت حاصلة من مركز الارض ومتى اشتغل بالزوايا السموية فليس لاختلاف المنظر تأثير عليها لان الكوكب الذى يظهر انه موجود فى مستوراى بالنسبة لراصد موجود فى نقطة من سطح الارض لا يزال موجودا فيه بالنسبة للراصد الموجود فى مركز الارض لكن متى اشتغل بالارتفاعات لا يكون الامر كذلك فان اختلاف المنظر ينقص ارتفاعات الكواكب بحيث يجب ان يضم لكل ارتفاع جرى رصده المقدار المطابق لاختلاف منظر الارتفاع فكما ان فعل الانكسار يزيد الارتفاعات كذلك اختلاف المنظر ينقصها فاذا رضى بحرف س لارتفاع جرى رصده وبالحرف ف لاختلاف منظر الارتفاع وبالحرف ك للتصحيح المنسوب للانكسار يكون الارتفاع الحقيقى هو س + ف - ك

١٣٤ - نصف قطر الشمس - يمكن ان يقال ان اختلاف منظر الشمس هي الزاوية التي عليها يرى الراصد الموجود في مركز الشمس نصف قطر الارض ويكون نصف القطر الظاهري للارض هو المنظور من الشمس ثم اننا نعلم ان المقدار المتوسط لنصف القطر الظاهري للشمس هو ٣٠ ١٦ أو ٩٦٣ ومن البديهي أن أنصاف الاقطار الحقيقية للشمس والارض تناسب انصاف أقطارهما لظاهريه وحده فينتد فيالمرئ لنصفي قطري الشمس والارض بالمرئين
ن و س يحدث

$$\frac{٩٦٣}{٨٠٨٨} = \frac{٦٠}{١٠٨٤}$$

ويكون مقدار نصف قطر الشمس هو ٦٩٢٠٠٠ كيلومترا ونسطةها ٦٠٠٠٠٠ كيلومترا مربعاً أعني قدر سطح الارض ١١٨٠٠ مرة وأما حجمها فقد رجم الارض ١٢٨٠٠٠٠ مرة
١٣٥ - حجم الشمس - كثافتها - كل جسم خارج عن كوكب اذا ترك ونفسه يتجه نحو مركز الكوكب بقوة من ذلك الكوكب تسمى التثاقل بسببها يتحرك الجسم حركة منتظمة التغير والمسافة التي يقطعها بهذه الكيفية في مدة ما كثنائية مثلاً غير متعلقة لا بجسمه ولا بطبيعته ولكنها تتغير بالنسبة الطردية لجسم الكوكب وبالنسبة العكسية لمربع بعد الجسم عن مركز الكوكب وينتج من هذه القاعدة انه لاجل مقارنة حجمي كوكبين يكفي امكان تقدير الطريقتين المقطوعين في مدة ثنائية بحجمين حيثما اتفق موضوعين على بعد واحد من مركزي الكوكبين فالنسبة بين هذين الطريقتين تكون هي النسبة بين حجميهما بالاضبط
وقد رأينا ان الارض ترسم قطعاً ناقصاً تشغل الشمس احدى بؤرتيه فيمكن اعتبار القطع الناقص المذكور محيط دائرة تشغل الشمس مركزه ونصف قطره يساوي نصف قطر الارض ٣٢٠٠٠ مرة ومدة الدورة الانتقالية هي مدة سنة نجمية أو ٣٦٥,٢٥٦٣٨ يوماً شمسياً
وسطياً



ش ٥٤

ولنفرض أن الارض في وضع حيثما اتفق ص ح (شكل ٥٤) فاذا كانت متأثرة بسرعتها الابتدائية فقط فانها في مدة ثنائية تقطع طريقاً مثل ص ح في اتجاه المماس واذا كانت متأثرة بقوة جذب الشمس فقط تقطع في مدة ثنائية طريقاً مثل ص ب في اتجاه نصف القطر وبسبب هاتين الحركتين الآتيتين تقطع الارض القوس ص أ الذي يمكن اعتباره قطر المتوازي الاضلاع المرسوم على الخطين ص ح و ص ب

حيث يمكن اعتبار القوس والوتر متعديين وحيث يمكن اعتبار صه ب مسقطا للقوس صه ا يحدث

$$\frac{\sqrt{\text{صه ا}}}{\text{صه صه}} = \text{صه ب}$$

لكن

$$\text{قوس صه ا} = \frac{2 \times 23300 \times \pi}{360 \times 25638 \times 81400}$$

$$\text{صه صه} = 2 \times 23300 \times \pi$$

$$6377398 = \pi$$

وحيث يكون

$$\text{صه ب} = 2945 \text{ مليمتر}$$

وحيث نذ فكل جسم موضوع على بعد من مركز الشمس يساوى نصف قطر الارض 23300 مرة يقطع في الثانية الاولى وهو واقع نحو الشمس مسافة قدرها 2945 مليمتر ومعلوم أيضا ان كل جسم معرض لتأثير الثقالة على سطح الارض يقطع في مدة ثانية 490.44 مترا فإذا فرض ان الجسم موضوع على بعد من مركز الارض أكبر بقدر 23300 مرة تصير المسافة المقطوعة أصغر بقدر 23300 مرة ويكون

$$\frac{490.44}{23300} = 0.000021 \text{ مليمتر}$$

والنسبة بين مجسم الشمس ومجسم الارض تبين بالمقدار

$$\frac{2945}{0.000021} = 327222$$

وقد توصلوا بطرق أضبط مما شرحناها الى 351341 وهو المأخذ اليوم بمعنى ان مجسم الشمس قدر مجسم الارض 351341 مرة

و ينتج مما ذكرناه انه اذا نسب الجذب على سطح الارض الى الجذب على سطح الشمس كان جذب الشمس مبينا بالمقدار

$$\frac{351341}{(1084)^2} = 299$$

وينتج من ذلك ان الجسم الذي يزن كياوجراما واحدا على سطح الارض يزن 299 كياوجراما على سطح الشمس

ومعلوم ان كثافة الجسم هي النسبة بين حجمه وكتلته فمما أخذت الكثافة المتوسطة للأرض وحدة تكون كثافة الشمس مبينة بالمقدار

$$= \frac{351341}{1280000} = 0.274$$

وحيث ان الكثافة المتوسطة للأرض ٥.٤٨ بالنسبة للماء فتكون كثافة الشمس هي ١٤.٨ وهذا أكثر بقليل من مادة الفحم الحجري وأقل من كثافة حمض الأزوتيك

الفصل الثاني

كثافة الشمس - دوران الشمس حول نفسها

١٣٦ - استكشف الكاف - سطح قرص الشمس شديدا الضوء فلا يمكن رؤيته بدون واسطة ولذلك وضع الفلكيون على النظارات زجاجات سوداء أمكنهم بواسطتها فحص ذلك القرص ومعرفة ما فيه

فظهر من الارصاد أن قرص الشمس مكال بنقط صغيرة سوداء على شكل غير منتظم تسمى كنا أوبقعا وأول استكشاف كان في سنة ١٦١١ بواسطة الفلكي (جيان فابريكيوس) و(غليلي)

١٣٧ - حركة دوران الشمس - مدتها - قد توصلنا باستكشاف الكاف الى معرفة أمر مفيد جدا وهو ان الشمس لها حركة دورانية حول أحد أقطارها

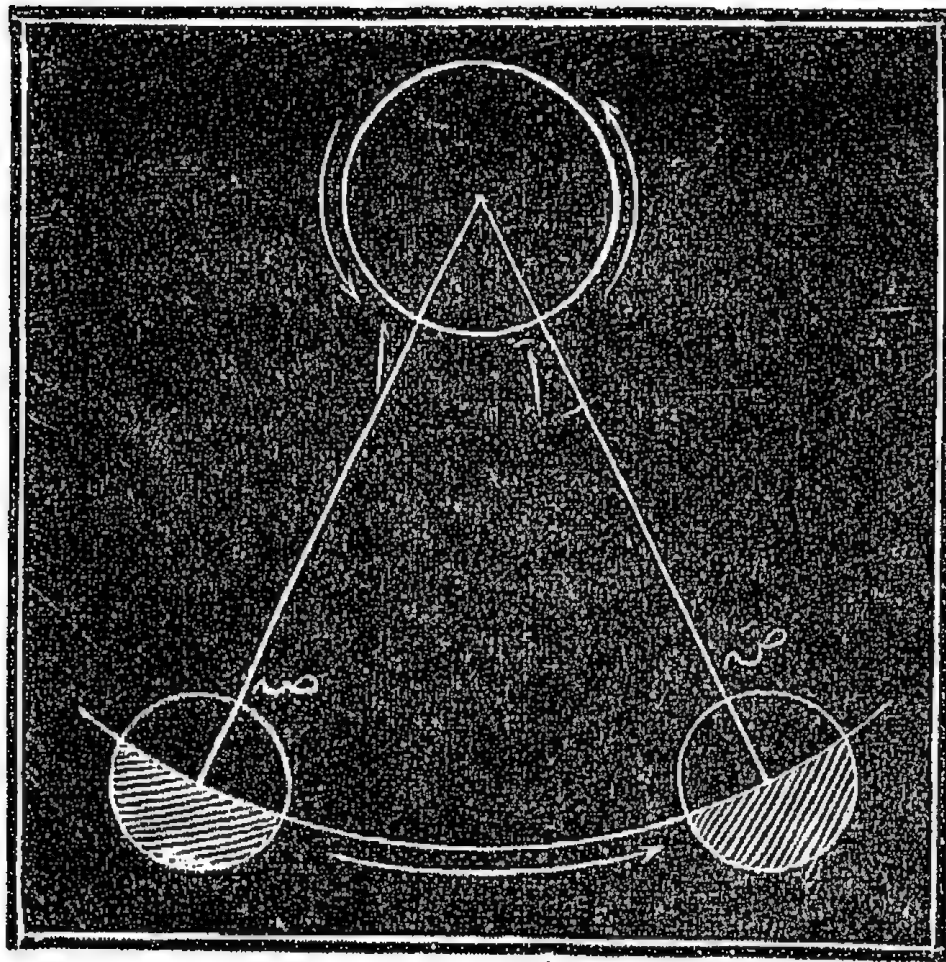
وذلك انه اذا رصدت بقعة في لحظة ظهورها على حافة الشمس الشرقية نرى انها تتقل شيئا فشيئا وتبعد عن الحافة المذكورة وتصل القسم المركزي ثم تقرب من الحافة الغربية وهناك تختفي ومثلها في ذلك سائر البقع وتحصل تلك الحركة في جهة واحدة وفي الغالب البقعة التي نظرت مارة على القرص بالكيفية المتقدمة تظهر بالثاني بعد زمن معلوم على الحافة التي كانت رصدت عليها في المبدأ وترسم من جديد قوسا على القرص مساويا للذي رسمته أولا وكان يظن في مبدأ الامر ان البقع هي أجسام صغيرة مظلمة ترامام الشمس وقد بطل هذا الظن بمشاهدة تغير السرع الظاهرية لهذه الاجسام فان سرعة بقعة تكون صغيرة عند الحافة ثم تأخذ في الزيادة الى المركز ثم تنقص في النصف الثاني من خط السير وبأجزاء له أقسية مضبوطة تأكد ان سرعة البقع تتغير كما لو كانت منسوبة الى نقط تتحرك بانتظام على سطح كرة (أعني ان السرعة الظاهرية تتغير بالنسبة الى الجيوب المعكوسة لاقواس الدوران)

وزيادة على ذلك فإن استدامة وجود حركات جله تقع على سطح الكوكب لا يجيز لنا فرض أنها ناتجة عن أجسام مستقلة تتحرك على هذا السطح

ومن ذلك ينتج أن شكل الشمس الحقيقي كرة وإنما تتحرك حركة منتظمة دورانية حول أحد أقطارها

وبرصد جله تقع توصل إلى تقدير مدة الدورة وتساوى ٢٥ يوما تقريبا (وهذا العدد بالنسبة للبقع التي تتحرك على دائرة المعدل الشمسية)

١٣٨ - تقدير مدة دورة الشمس - بين ظهوري بقعة على حافة واحدة من الشمس تضي مدة قدرها ٢٧ يوما و ٤ ساعات تقريبا وهذه هي مدة الدورة الظاهرية أكن الدورة الحقيقية أقل من ذلك بيومين تقريبا وطريقة حساب ذلك أن نعتبر بقعة مثل أ (شكل ٥٥)



ش ٥٥

في اللحظة التي فيها تنطبق على مركز الشمس فيظهر لنا أن الدورة الكاملة تتم متى رجعت البقعة بعينها وشغلت النقطة المركزية بعينها وذلك بعد ٢٧ يوما و ٤ ساعات وحيث أن في مدة هذا الزمن تنتقل الأرض على مدارها فتتغير قوسا من صه وضعها الأصلي إلى صه وضعها الجديد فلا ترسم البقعة محيطا كاملا فقط بل زيادة عليه القوس أأ وتكون في الحقيقة قد أجرت زيادة عن دورة كاملة

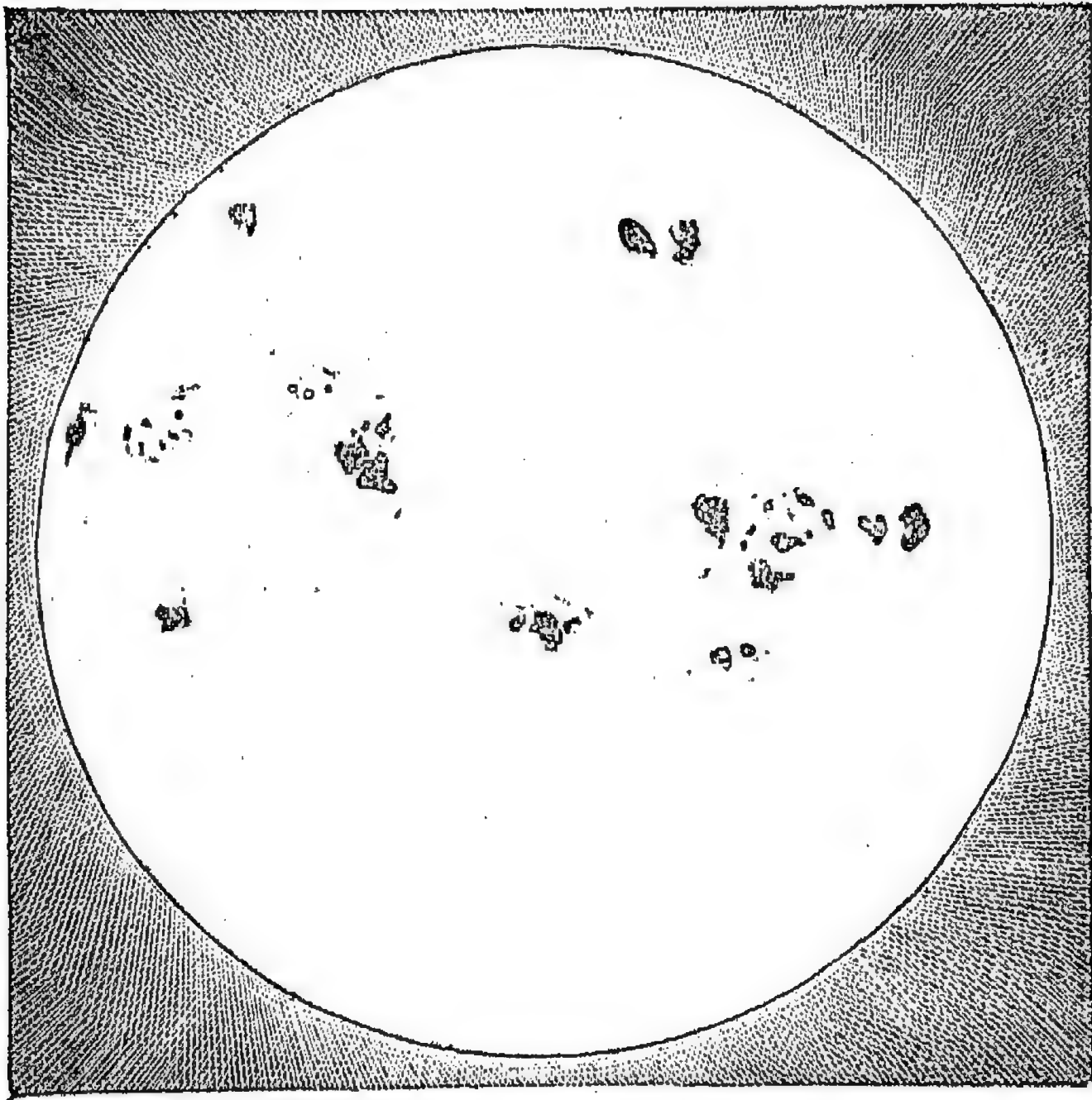
وبعبارة أخرى أن النقطة من سطح الشمس التي كانت مطابقة أولا لمركز القرص تبقى شرق النقطة الجديدة المركزية أ وحينئذ تزيد المدة الظاهرية للدورة عن المدة الحقيقية بالزمن الذي تقطع فيه البقعة القوس أأ وحيث أنه بين رجوع البقعة أ إلى مركز الشمس تضي مدة قدرها ٢٧,٥ يوما وأن الأرض في ظرف هذه المدة تنتقل من صه إلى صه فتري أن البقعة قد رسمت في ظرف هذه المدة ٣٦٠ + صه أو ٣٦٠ + أأ (وحيث أن الحساب هنا تقريبي يمكن فرض محور دوران الشمس عودا على مستوى الدائرة الكسوفية)

وبفرض ١١ معلوما والرمز بجرف س مدة الدورة الحقيقية أو للزمن اللازم لان ترسم الشمس فيه ٣٦٠ يحدث

$$\frac{٣٦٠}{١١ + ٣٦٠} = \frac{س}{٢٧٥}$$

وحيث ان الارض تقطع ٣٦٠ من الدائرة الكسوفية في ٣٦٥,٢٥٦٣٨ يوما شمسيا وسطيا فتقطع في ٢٧٥ يوما قوسا مساويا الى $\frac{٢٧٥ \times ٣٦٠}{٣٦٥,٢٥٦٣٨}$ وبمعويض ١١ بمقداره واجراء الحساب يوجد أن س = ١٤ ساعة و ٢٥ يوم أو ٢٥ يوما ونصف تقريبا

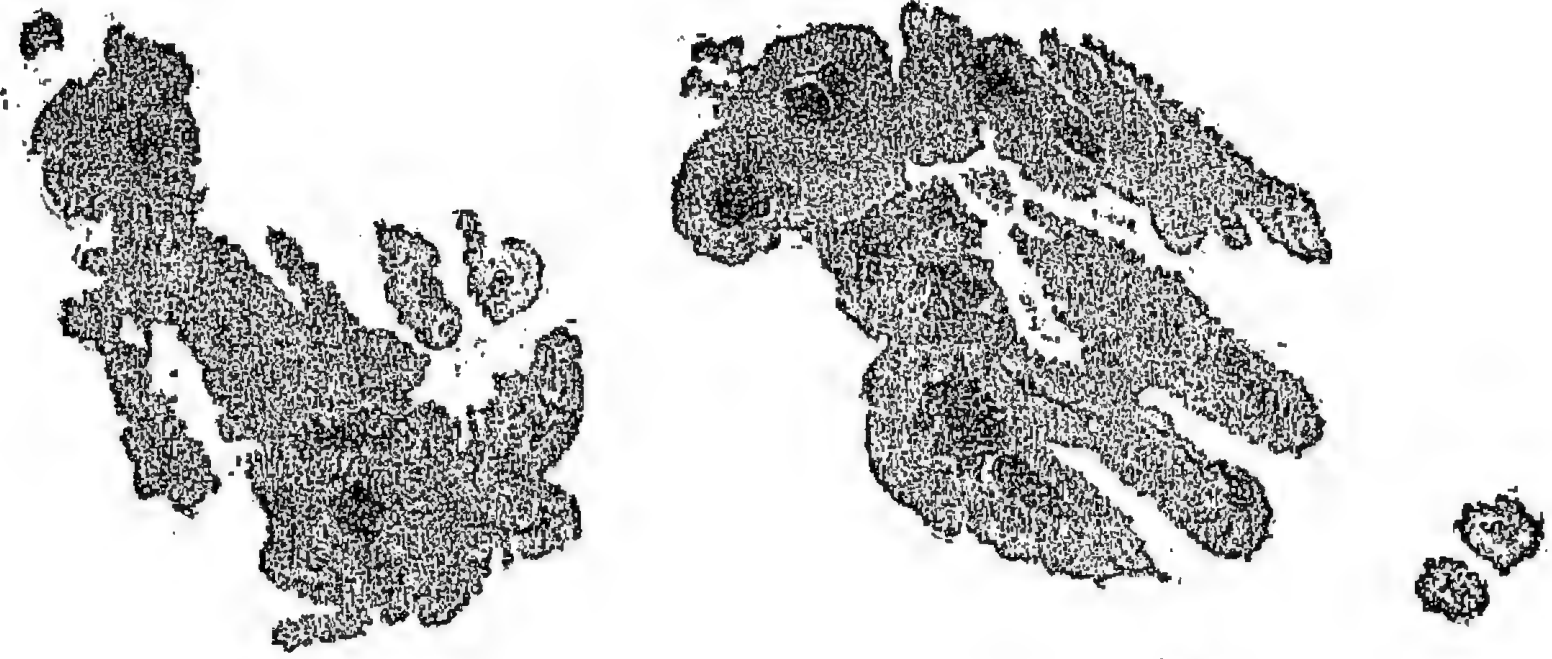
١٣٩ - محل الكلف - كلف الشمس لا يظهر على جميع القرص فيوجد داخل منطقتين موضوعتين في جهتي دائرة المعدل الشمسية ولا تتجاوزا عرض ٤٥° (شكل ٥٦) ودائرة المعدل الشمسية مستويها يصنع زاوية قدرها ١٥° مع الدائرة الكسوفية



ش ٥٦

والبقع المكونة للكلف تتغير في الشكل والابعاد معا وأحيانا يكون القرص خاليا من الكلف بالكافة وفي أوقات أخرى تكون الكلفات كثيرة حتى يرى منها نحو ثمانين مرة واحدة وأغلب الكلفيات يظهر كنواة أو جمل من نوايات سودا محاطة بجزء سنجابي يسمى شبه الظل

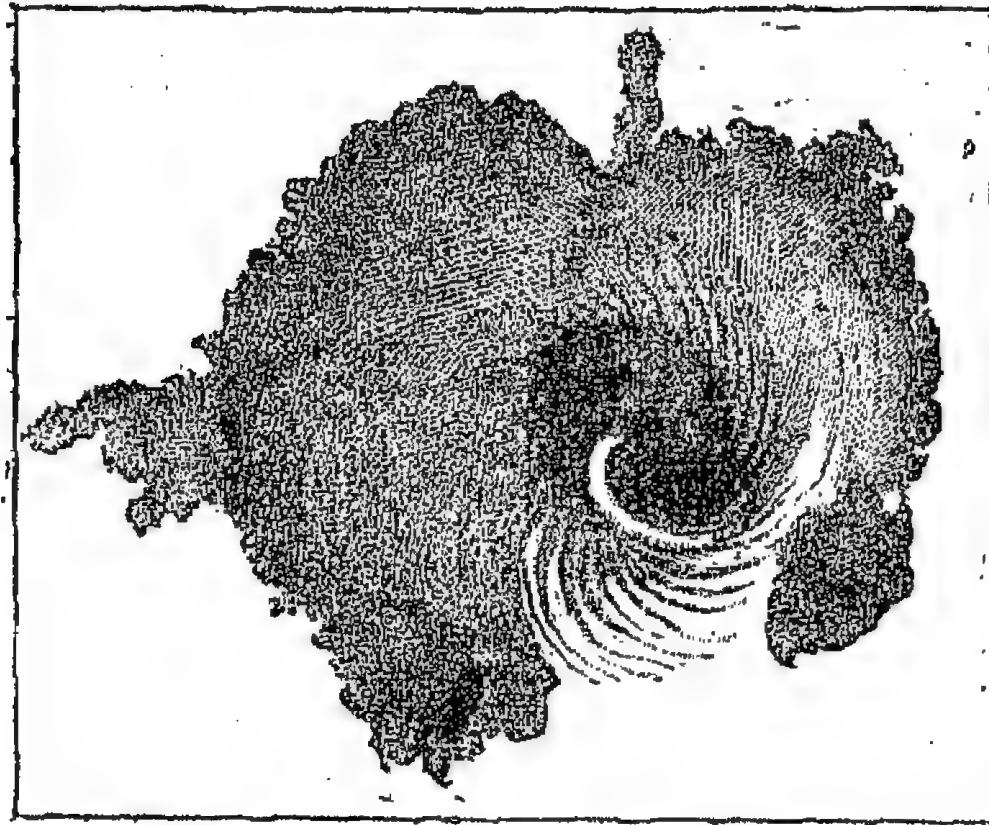
(شكل ٥٧ وشكل ٥٨) وقد تشاهد أحيانا نوايات بدون شبه ظل وشبه ظل بدون نوايات



ش ٥٨

ش ٥٧

وحول شبه الظل يظهر سطح الشمس أكثر اضاءة واجهى من باقى القرص وشكل البقع تارة مستدير منتظم وتارة غير منتظم وتارة يكون لها منظر دوامة جسمية (شكل ٥٩)



ش ٥٩

١٤٠ - البقع هي انخفاضات فوتوسفيريه - يسمى فوتوسفير السطح المنير الذى نرى عليه البقع ويبحث الكيفية التى بتغير بها شكل بقعة ما فى مدة ظهورها يتأ كدائمها مثل تجاوي فنواياها تكون القاع وشبه الظل يدل على الشوات وفوق القوتوسفير تمتد طبقة مستمرة يظهر أنها مكونة من غاز الايدروجن فى حالة الحرارة البيضاء وتسمى هذه الطبقة كروموسفير (أو السكر الغازية) وتظهر فى حالة اضطراب مستمر وتخرج منها أشعة على صورة لهب يكون أحيانا مرنعا جدا وهذه الاشعة والشوات التى نظرت اول مرة عند الكسوف الكلى للشمس يمكن رصدها الآن كل يوم بواسطة الاسبيكتروسكوب

١٤١ - فروضات على التركيب الطبيعي للشمس - ظواهر كاث الشمس كانت باعشا
بالجمله فروضات على التركيب الطبيعي للشمس ولا يزال الفلكيون منقسمين في الراى بخصوص
هذه المسئلة

فبناء على النظرية التى وضع مبادئها المعلم (ولسون) تكون الشمس مكونة من نواة مظلمة
نوعا محاطة بمجموعة غير منير بنفسه وهذا الجو محاط بطبقة غازية ملتهبة وهى ينبوع الضوء
والحرارة للشمس

فاذا اعتبرنا هذا التركيب تكون ظواهر الكف على الوجه الآتى وهوان طفحات بركانية
تتقدم من النواة المركزية وتحدث من زمن الى اخر ثقبوا فى الجوى فتتكشف النواة المظلمة
وتظهر الجوى المعتم على الجوانب وبهذا تظهر النواة السوداء والغلاف السجى لشبه الظل
والجوى الكثيرة الاضاءة الحادثة من تراكم المادة على الجوى الخارجية للفتحة
وقد عطي على هذا الفرض فى العصر الحالى الاكتشافات الجديدة والنظرية المنسوبة الى
المعلم (فاى) وهذه النظرية هى

١٤٢ - نظرية التكوين الطبيعي للشمس على رأى المعلم (فاى) - المعلم (فاى)
يقول ان الشمس بأكملها عبارة عن كرة غازية نواتها الكثيفة جدا موجودة فى درجة حرارة
من تفرقة جدا والتبريد المتسبب من التشعع الخارجى يحول الطبقات العليا الى حالة درجة
الحرارة البيضاء بخلاف النواة التى هى أشد حرارة فانها تبقى مظلمة وجل العناصر الصلبة
أو السائلة التى فى درجة الحرارة البيضاء التى تتراكم حينئذ على سطح الكوكب تكون الكرة
الضوئية (الفوتوسفير) والابخرة التى تصاعد منها والتى تحفظ درجة حرارتها البيضاء
بواسطة علو درجة حرارتها تكون الكروموسفير والنسوات وبالجملة فان التيارات الصاعدة
والنسالة المنسوبة للسقوط المستديم للعناصر التى فى درجة الحرارة البيضاء أكثر كثافة من
الطبقات الداخلية تحدث استضائات فى المحيط الضوئى الخارجى ومن ذلك تحدث الكلفات
التى هى ليست الا ثقبوا فى هذا الغلاف والتى تظهر مظلمة لانه يظهر منها اجزاء من النواة
أقل نورا

١٤٣ - التكوين الكيماوى للشمس - الضوء والحرارة - تحليل الطيف أظهر
بعض المواد الكيماوية المتكونة منها كتلة الشمس وهى الصوديوم والمغنيسيوم والحديد
والنيكل والكروم والمنجنيز والنحاس والزنك والباريوم ويوجد فى حالة أبخرة معدنية
وأما الايدروجين فيوجد فيها بكثرة فى الطبقات الكروموسفيرية

وضوء الشمس الذي تبعثه لنا على سطح الارض يقول (اراجوا) انه أشد من ضوء ١٥٠٠٠ شمعة ويقول أيضا انه على حسب قوة العمود الكهربي المستعمل يوجد أن الضوء الكهربي يختلف من خمس الى ربع ضوء الشمس

ويعني بذلك شدة الانوار المسقطه على سطح السماء مثلا لا الاضاءة الكلية النسبية وأما مقارنة ضوء البدر بضوء الشمس فرأى (بوجي) ان ضوء الشمس يعدل ضوء البدر بقدر ٣٠٠٠٠ مرة ورأى (والستون) بقدر ٨٠٠٠٠٠ بمعنى انه يلزم ثمانمائة ألف بدر أو ثمانمائة ألف بدر في السماء لاحداث نهار مضيء كنهار الشمس في وقت صحو



الباب الخامس

في القمر

الفصل الأول

أشكال القمر - دورته النجمية ودورته الاقترانية

١٤٤ - القمر يصيب الارض في حركتها السنوية حول الشمس ويصنع حواها جلة دورات في مستو ماثل على الدائرة الكسوفية بـ ١٨٠ درجة تقريباً والمدار الذي يرميه بهذه الكيفية قطع ناقص بوترته مركز الكرة الارضية واختلاف مركزه $\frac{1}{18}$ وحركة القمر حول الارض تتضح بظاهرتين أصليتين هما أولاً انتقال قرصه على القبلة السماوية تدريجاً وثانياً الظواهر الخصوصية لهذا القرص المعروفة باسم أشكال القمر أو أوجهه

وفي الحقيقة يشترك القمر في الحركة اليومية لكنه ينتقل كالشمس فيما بين النجوم وهذا الانتقال سريع بحيث يدرك ليلاً ويكفي لذلك تقدير بعد نجمة ما مجاورة له عن الخافة التي هي أقرب اليه من القرص ففي قليل من الزمن يشاهد تغير هذا البعد ويتضح أن القمر ينتقل في السماء في اتجاه مضاف لاتجاه الحركة اليومية بالضبط

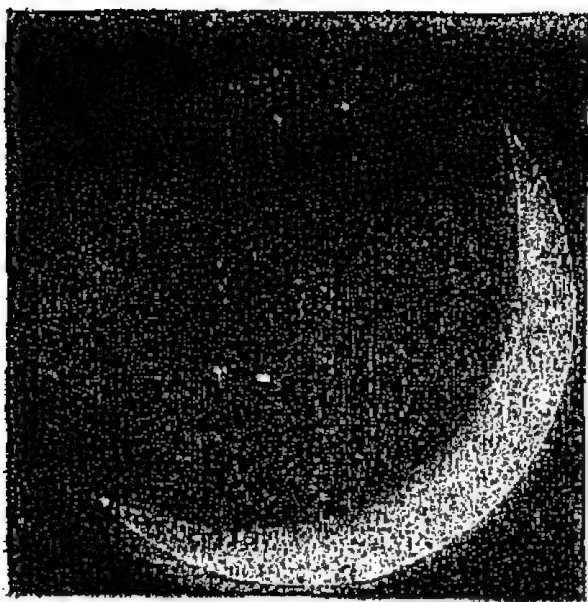
١٤٥ - الدورة النجمية والدورة الاقترانية - الحركة المتوسطة للقمر في الطول أعني انتقاله الزاوي المنسوب للدائرة الكسوفية والنجمية معلومة مقدارها $13^{\circ} 10'$ تقريباً في اليوم الوسطى وينتج من ذلك انه يستغرق ٢٧ يوماً و ٨ ساعات الى أن يرجع الى نفس النجمة ويعطى لهذا الزمن اسم دورة نجمية

واذا قيس انتقال القمر بالنسبة لمركز الشمس التي لها حركة ظاهرية في جهة حركة القمر عوضاً عن قياس هذا الانتقال في الطول بأخذ نجمة كنقطة أصل فان الزمن الذي يستغرقه القمر بين رجوعيه المتتاليين الى وضعه النسبي يزيد عن الزمن الاول بقدر يومين تقريباً أعني يزيد قليلاً عن ٢٩,٥ يوماً وهذه هي الدورة الاقترانية وستحكم فيما سيأتى على أسباب هذا الفرق بين الزمنين وتقدير مددهما بالضبط

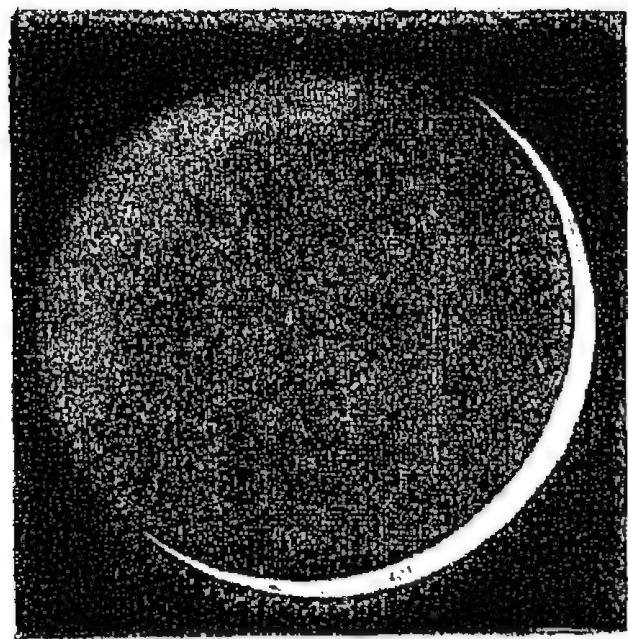
١٤٦ - أشكال القمر - في مدة دورة اقترانية يأخذ البعد الزاوى لمركز القمر عن مركز الشمس مقدرا على الطول جميع المقادير من 0° الى 360° وفي هذه المدة يكون على وجه العموم قرصه المستدير مكثورا من جزأين أحدهما مستدير والآخر منظم وشكل هذين الجزأين ومقدارهما النسبي متغير دائما ومنهما تتكون الظواهر المعروفة باسم أشكال القمر وبيان ذلك انه متى لم يكن القمر منظورا لآل ولا لآل انهارا يقال انه في حالة المحاق أو الاقتران أو الاجتماع أو التوليد وسبب عدم رؤيته ان وضعه مجاور جدا في الظاهر للمحل الذى تشغله الشمس في السماء فيوجه نحو الارض نصف كرتة المظلم المحجوب عن الاشعة الشمسية

ويمكن خفاء القمر يومين أو ثلاثة أيام لكن لحظة الاقتران المظبوطة التى يستبدل عليها من السنويات الفلكية تحصل متى كان للشمس والقمر طول واحد

وفي اليوم الثانى أو الثالث بعد ثلاث اللعطة (١) يظهر القمر لآل بعد غروب الشمس بعدة قليلة على شكل هلال رفيع (شكل ٦٠) تحديه نحو النقطة التى توجد فيها الشمس تحت الافق وبسبب الحركة اليومية يغرب القمر بعد قليل فى الافق الغربى وفي اليوم التالى تحصل الحالة بعينها غير أن الجزء المستدير يكون أعظم وحيث أن القمر يكون بعيدا عن الشمس أكثر من بعده عنها فى اليوم السابق فيتأخر غروب القمر عن اليوم السابق وفي اليوم الرابع (شكل ٦١) بعد الاقتران يغرب بعد الشمس بثلاث ساعات وشكله بعد اليوم الرابع من الاجتماع يسمى التربيع الاول



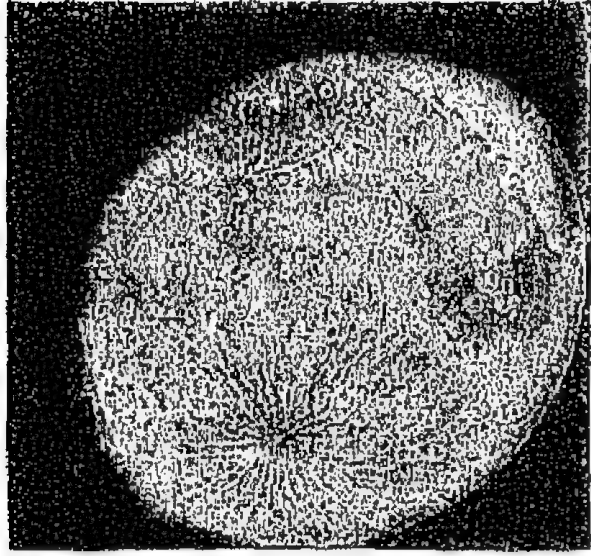
اليوم الرابع للقمر
ش ٦١



الوجه الاول للقمر
ش ٦٠

(١) هيفليوس يقول انه لم ير القمر الا بعد ٤٠ ساعة من الاقتران و ٢٧ ساعة قبله بحيث ان النهاية المظلمة لمدة خفاءه تكون ٦٧ ساعة وهذه المدة تختلف على حسب الاقاليم وعلى حسب عرض القمر

ثم عوا الهلال شيئاً فشيئاً وبين اليوم السابع والثامن من لحظة الاجتماع يظهر لنا القمر على شكل نصف دائرة ويرى مدة في النهار (شكل ٦٢) والحركة اليومية لاتأني به في مستوى الزوال الا بعد مرور الشمس بدسمة ساعات تقريبا

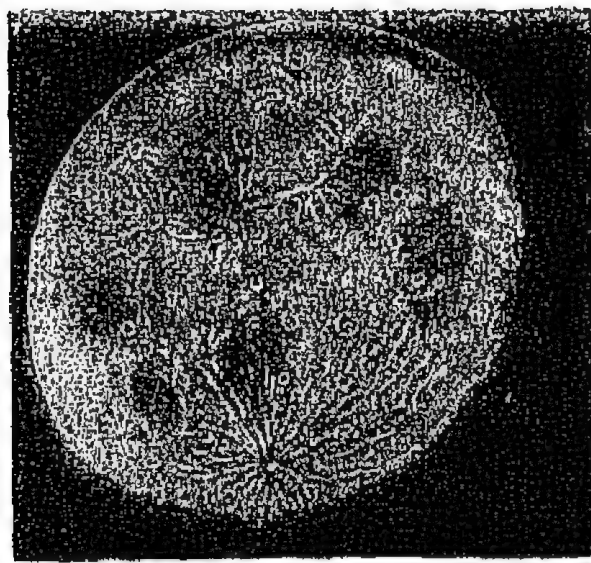


القمر بين التربع الاول والبدر
ش ٦٣

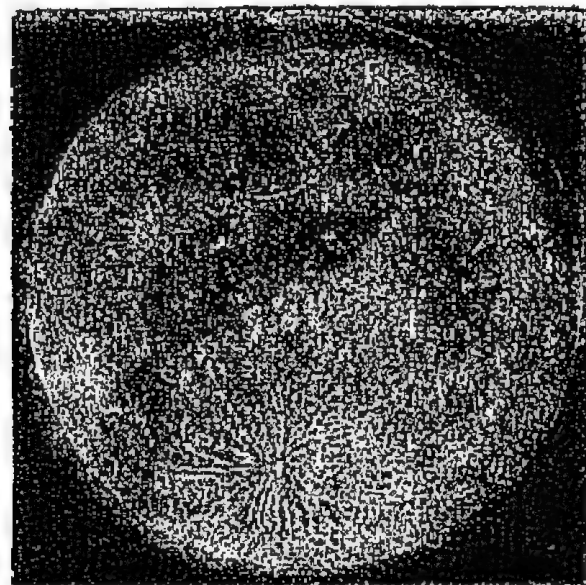


القمر في التربع الاول
ش ٦٢

وبين التربع الاول والبدر تقضى سبعة ايام أخرى غزوتها يقرب الجزء المستدير شيئاً فشيئاً من أن يصير دائرة تامة (شكل ٦٣) ويتأخر شروق وغروب القمر شيئاً فشيئاً في مسافة هذه المدة مع كونه موجهاً دائماً نحو الغرب الجزء العلوي من قرصه وبعد الاقتران بخمسة عشر يوماً تقريبا يظهر لنا قرصه مستديراً كلاًه (شكل ٦٤) وحينئذ تكون لحظة شروقه هي تقريبا لحظة غروب الشمس التي تشرق عند غروبه ومتى ارتقى القمر الى أعلى نقطة من سيره أعنى من مستوى الزوال يكون نصف الليل ووقتئذ تنظر الشمس تحت الافق بمستوى الزوال الاسفل بحيث يكون القمر متقابلاً للشمس بالضبط بالنسبة للأرض



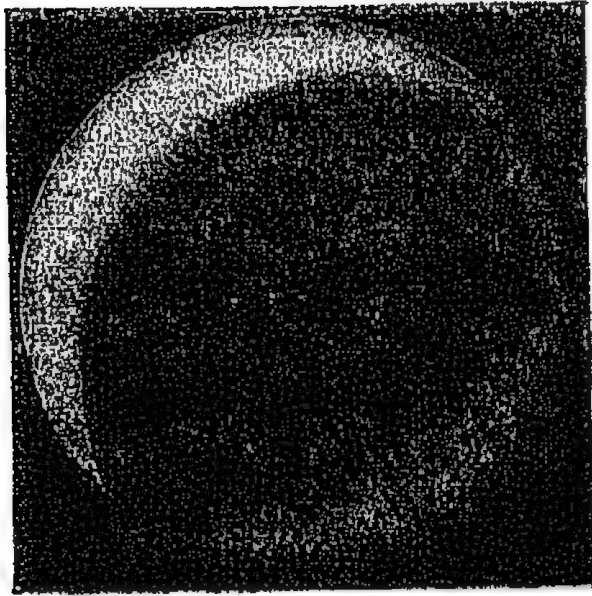
القمر بين البدر والتربع الثاني
ش ٦٥



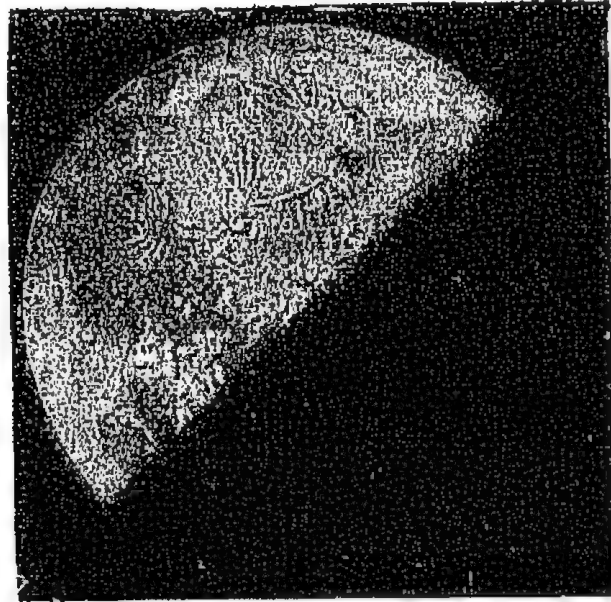
البدر
ش ٦٤

وبعد ذلك يتناقص على التوالي الشكل المستدير المستدير للقرص وينتهي بأن يظهر D كان

في أول الأمر على شكل هلال رفيع جداً تحده جهة الشرق بحيث يكون نصف الدائرة المحدد للجزء المستنير موجهاداً نحو الشمس وفي وسط المسافة التي تفصل البدر عن الزمن التالي له يكون للقمر شكل كالذي كان له في التربيع الأول غير أنه موضوع بعكسه ويسمى التربيع الثاني أو الأخير وفي هذا الجزء الثاني من الزمن القمري يقرب الوضع الظاهري للقمر في السماء شيئاً فشيئاً من وضع الشمس وقرينها من الأيام الأخيرة يسبق شروقها بمدة قليلة جداً حتى يدخل من جديد في أشعتها ويختفي ليعود قراً جديداً (شكل ٦٥ و ٦٦ و ٦٧)



القمر بين التربيع الأخير والأول
ش ٦٧



التربيع الأخير
ش ٦٦

١٤٧ - الضوء الرمادي - قد قلنا أن الجزء المستضيء من القمر الذي تنيره الشمس مباشرة يتغير شكله في مدة الدورة الكاملة للقمر من ابتداء الهلال الرفيع المضيء والشكل الأخير غاية الدائرة الكاملة التي يظهرها الكوكب في مستواه

وأما الجزء المظلم من هذا القرص فيظهر في بعض أشكاله ضوء ضعيف جداً يسمى الضوء الرمادي (شكل ٦٠) ويسهل رؤيته بالعين العارية وجميع العالم يمكنهم أن يروه قبل أو بعد المحاق ببعض أيام حيث يكون القمر وقتئذ هلالاً وجميع جزء نصف الكرة الموجه نحونا والذي لم يتأثر بالأشعة الشمسية يرى مع ذلك ممتلئاً بحيث يحدد الدائرة الكاملة للقرص

والضوء الرمادي يرى مادام الهلال ولا يختفي مطلقاً قبل التربيع الأول ويرى بعد التربيع الأخير بقليل ولا يختفي إلا باختفاء القمر وشدة الضوء الرمادي ربما تكفي في تمييز كفاف القمر بالعين العارية

١٤٨ - أسباب الضوء الرمادي - قد كان الأقدمون من الفلكيين يعتبرون أن هذا الضوء ناتج من نوع تفصفر (١) لسطح مادة القمر لكن ذلك قد بطل اليوم وعلم أن الضوء الرمادي هو ضوء الأرض منعكساً على القمر من الأجزاء المستضيئة منها

(١) التفصفر كناية عن وجود مادة فضفاضة في القمر

وذلك أن الأرض يجب أن ترى من القمر بالأشكال التي يرى بها القمر من الأرض بالضبط لكن هذه الأشكال تكون بعكس أشكال القمر لأن وقت المحاق توجد الأرض جزئياً المستدير بأكمله نحو نصف الكرة المظلم من القمر بحيث أن نصف الكرة المذكورة يلقى بواسطة الانعكاس جميع الضوء الذي ترسله الشمس إلى الكرة الأرضية

وحيث أن السطح الظاهري للكرة الأرضية منظوراً من القمر هو أكبر من قرص القمر بنحو ثلاثة عشر مرة تقريباً فيعلم أن ضوء الأرض يجب أن يعطى للبالى القمر ضوءاً أعظم مما يصل إلينا من ضوء القمر وأجزاء نصف كرة الأرض المستدير من منظوراً من القمر تكون مع ذلك قليلة كلما كان القمر بعيداً عن الوضع الذي يشغله في وقت الاجتماع ومن ذا يعلم سبب عدم ظهور الضوء الرمادي بين التربيع الأول والآخر . وحينئذ فالضوء الرمادي ليس شيئاً آخر سوى انعكاس ضوء الشمس المنبعث مرة أولى من الأرض على القمر ثم مرة ثانية من القمر على الأرض

الفصل الثاني

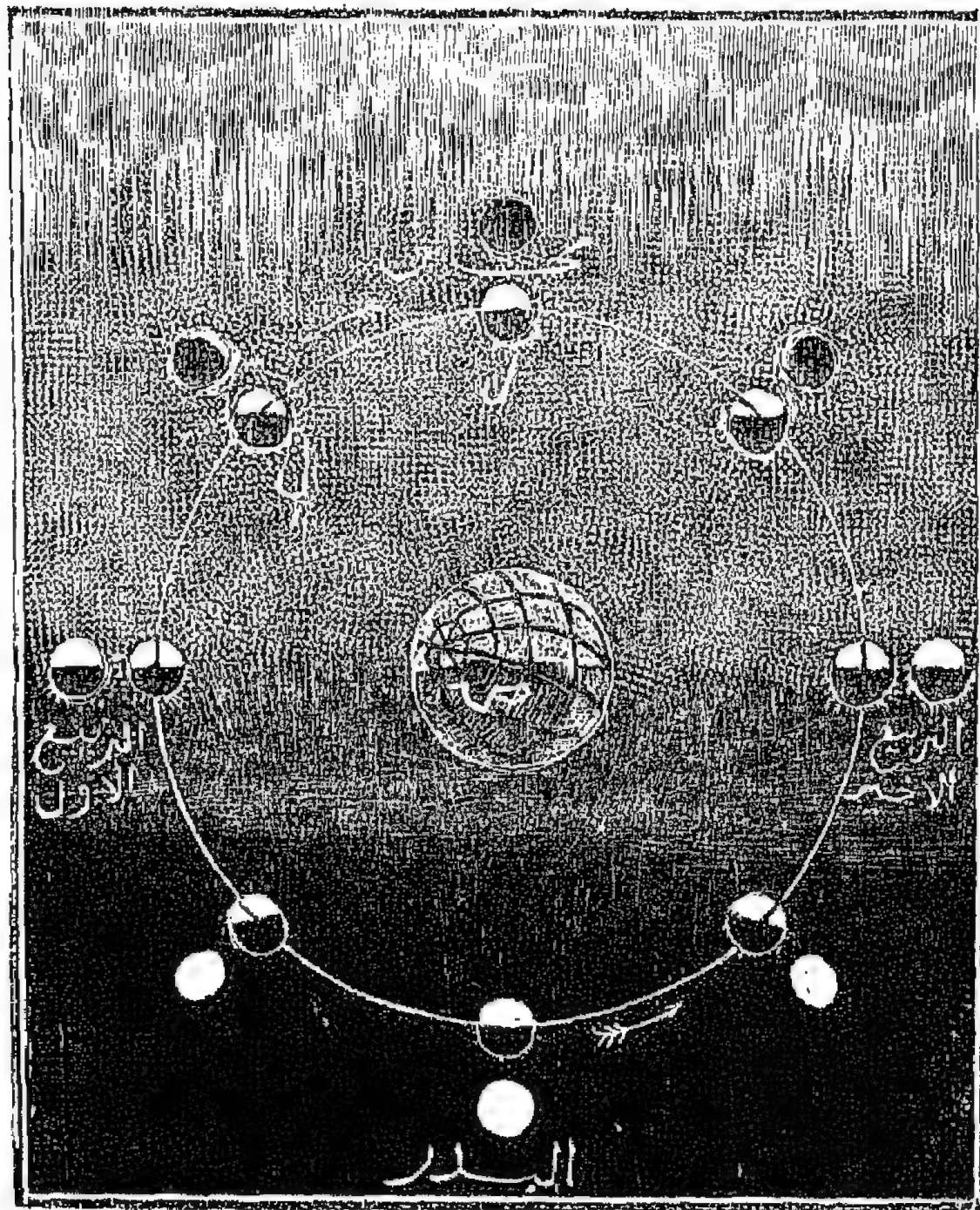
مدار القمر - إيضاح أشكاله

١٤٩ - تعيين مدار القمر - يمكن تعيين المدار الذي يرسمه القمر على القبة السماوية بالطريقة التي تعين بها المدار الظاهري للشمس أعني يقاس المطلع المستقيم والميل لمركز قرصه كل يوم ويعلم على كرة سماوية صناعية الوضع الذي يشغله ذلك المركز فيوجد أن هذه المدار يقرب من محيط دائرة عظيمة ميلها المتوسط على الدائرة الكسوفية خمس درجات تقريباً

وتتضح أشكال القمر على الوجه الآتي وهو أن القمر جسم كروي تقريباً معتم غير مضي بنفسه يلقى ضوء الشمس ويعكسه إلى الأرض فإذا تقرّر ذلك نفرض أن مداره منطبق على الدائرة الكسوفية وأن الأرض تبقى غير متحركة بالنسبة للشمس وذلك مدة قطع القمر مداره حول الأرض ثم نفرض أن الشمس على بعد من القمر يمكن اعتبار أشعتها متوازية في جميع أوضاع القمر (شكل ٦٨) فالذي يرى من القرص هو مسقط على مستوى يمر بمركز القمر وعمود على الخط الواصل بين مركز القمر ومركز الأرض

فإذا كان ص هـ هي الأرض و س هـ هي الشمس الموجودة على بعد لا نهائي وكان القمر في ل فإنه يوجه نحو الأرض نصف كرتيه الغير مستضيء ويصير غير مرئي لنا وهذا هو المحاق أو الاقتران

ومتى صار فى ل لا يرى لنا سوى شقة كروية ويرى القمر حينئذ بالشكل الهلالى وفى الاوضاع
التالية تكبر الشقة الكروية شيئاً فشيئاً وفى الترتيب الاول يرى نصف دائرة ثم بعد ذلك بشكل
قرص يقرب شيئاً فشيئاً من دائرة تامة يستكملها متى صار مقابلاً للشمس وهذا هو وقت البدر
أو الاستقبال وفى النصف الآخر من مداره يأخذ نفس الطواهر بترتيب عكسى والحافة
المستديرة التى كانت موجهة نحو الغرب فى النصف الاول من الدورة ترى فى النصف الثانى
منها موجهة نحو الشرق



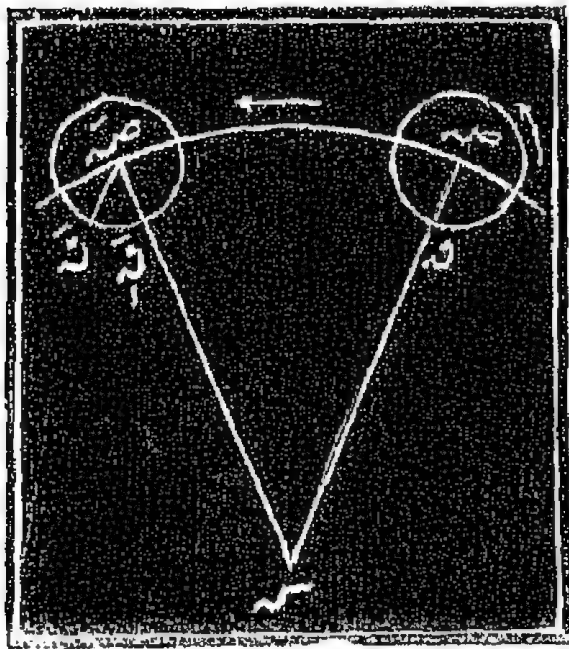
ش ٦٨

١٥٠ - الدورة الاقترانية (الدائرية) - الدورة النجمية - فرق مدتها - الدورة
الاقترانية وتسمى الحركة الدائرية أيضاً هى المدة التى تمضى بين شطينين متتاليين من نوع
واحد ولتقدير هذه المدة يعين وقتا خاصا وفين منفصلين بعدد عظيم من الدورات الاقترانية -
(وسياأتى ان الحسوفات تكون فى لحظة البدر دائماً) وتقسم المدة الكلية على عدد الدورات
فتحصل المدة المتوسطة وهى

$$29,530,588 \text{ يوما أو } 29,530,588 \text{ د س يوم}$$

والدورة النجمية هي المدة التي تقضي بين رجوعين متتاليين للقمر الى نجمة واحدة وهي أصغر من
مدة الدورة الاقترانية

وسبب عدم تساوي المديتين هو كون الارض ليست ثابتة فهي تنقل حول الشمس بينما يدور
القمر حولها وهذا الامر ينتج فرقا بين المديتين ولنفرض أن القمر في الاقتران فيكون مركزه
ومركز الارض ومركز الشمس في مستوا واحد عمود على الدائرة الكسوفية والخط صه و



ش ٦٦

(شكل ٦٦) يقابل الكرة السماوية في نقطة تعلم بنجمة
فتنت الدورة النجمية للقمر فان نصف القطر البوري
صه و الواصل بين مركزي القمر والارض ينتهي ثانيا
الى النجمة المعالمة ويصير اتجاهه موازيا لنصف القطر
البوري صه و لكن لا يكون القمر حينئذ في الاقتران
حيث ان الارض في هذه المدة قد انتقلت من صه الى صه
والكي يصير فيه يلزم ان يرسم في فلكه قوسا سمته كسمة
القوس صه صه

ومن ذا يتبين ان مدة الدورة الاقترانية تزيد عن مدة الدورة النجمية ولتقدير الفرق بينهما نعين
مدة الدورة النجمية أولا ولذلك نرسم لها بالحرف سه ونفرض أن صه صه = ١ هو
القوس الذي ترسمه الارض مدة الدورة النجمية فيحصل

$$\frac{360}{1+360} = \frac{س}{24,030,018}$$

وبنه

$$س = 27,321,661 \text{ يوما شمسيا وسطيا أو } س = 27,321,661 \text{ يوما شمسيا وسطيا}$$

ويكون الفرق بين المديتين س ٥ ٢ تقريبا

وبقسمة ٣٦٠ على مدة الدورة تحصل السرعة المتوسطة للقمر أو حركته اليومية المتوسطة
والمقدار المتوسط للقوس الذي يرسمه القمر فيما بين النجوم هو ٣٥ ١٠ ١٣ فحركته أسرع
من حركة الشمس بقدر ثلاث عشرة مرة تقريبا

١٥١ - الشكل الناقصي المدار القمر - خط السير الظاهري للقمر على القبة السماوية

يقرب من محيط دائرة عظيمة كما ذكرنا ومن ذا نستدل على ان شكل المدار مستو تقريبا
ولكن للحصول على الشكل الحقيقي للمدار المذكر نقيس القطر الظاهري للقمر مرارا في مدة
دورة نجمية فتغيرات القطر المذكر تدل على التغيرات العكسية لبعدها عن الارض

في الاوضاع المتتالية وعلى النسبة بين هذه الابعاد فإذا أخذ على كل نصف قطر بوري وفي الاتجاه الدال على وضع القمر على القبة السماوية طول مناسب للبعد المطابق ثم وصلت نهايات انصاف الاقطار المذكورة بخط مستقيم تحصل منحنى مشابه لمدار القمر وهو منحنى قطع ناقص يشغل مركز الارض احدي بورتيه

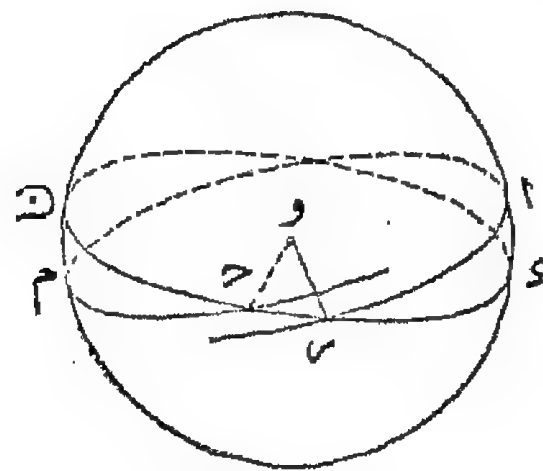
وفي نهايتي المحور الاكبر يصير القمر في أكبر وأصغر بعده عن الارض أعني يكون في الاوج وفي الحضيض فإذا بينا البعد المتوسط بالوحدة فبعده الاوجي يصير مقداره ١.٠٥٥ والحضيضي ٠.٩٤٥ تقريبا

ومركز الارض الذي يشغل احدي بورتى القطع الناقص يكون على بعد من مركز المنحنى مبين بالمقدار ٠.٠٥٥ ويرى أن اختلاف مركز مدار القمر يزيد عن ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض

ومستوى مدار القمر لا ينطبق على مستوى الدائرة الكسوفية بل يصنع معه زاوية ثابتة تقريبا مقداره $8^{\circ} 48'$ ونقط تقاطع المستويين يسمى خط العقدين والعقدتان هما الوضعتان اللذان يشغلهما القمر على مداره متى وجد مركزه من بين بواسطة الدورة في مستوى الدائرة الكسوفية

فعقدة الصعود هي التي تطابق مرور القمر من نصف الكرة السماوية الجنوبي الى نصفها الشمالي بالنسبة للدائرة الكسوفية والعقدة الاخرى تسمى عقدة النزول

١٥٢ - تقهر العقدين - حركة الحضيض - عقدتا مدار القمر لا تحتفظان



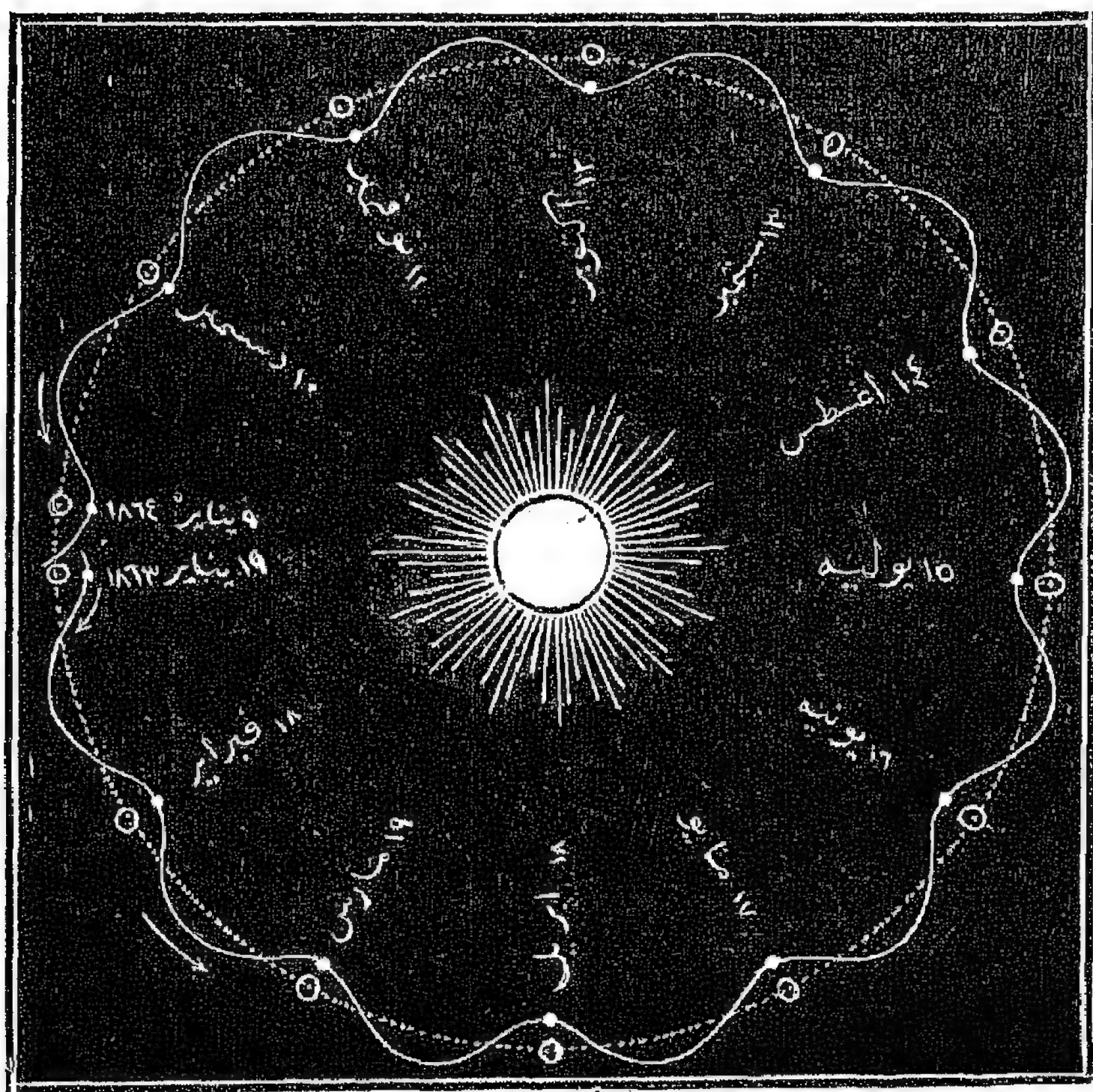
ش ٧٠

وضعا واحدا على الدائرة الكسوفية بل تنتقلان دائما القهقري أعني في جهة مضادة لجهة حركة القمر على مداره من نحو ح (شكل ٧٠) وحركة العقدين هذه تشابه تقهر نقطتي الاعتدال غير أنها أسرع منهما لان العقدين تتمامان الدورة الكاملة أي تقطعان الدائرة الكسوفية في $18\frac{1}{2}$ سنة

والمحور الاكبر للقطع الناقص للقمر لا يحتفظ كذلك وضعا واحدا في مستوييه بل يدور في هذا المستوى في جهة حركة القمر بحيث يتم الدورة في ٣٢٣٢ يوما ونصف أو ٩ سنين تقريبا والحركات التي تكلمنا عليها وخلافها مما هو مؤثر في حركة القمر منسوبة للتأثير المركب من كل من جاذبي الشمس والارض

والاضطرابات الحاصلة في حركة القمر تغير الشكل الناقصي لمداره تغيرا ظاهرا جادا وفي الحقيقة هذا المدار ليس منحنيًا مقلولا ولا منحنيًا مستويا

١٥٣ - تعرج خط سير القمر - قد بينا شكل مدار القمر بقرض الأرض غير متحركة لكن إذا بحثنا عن الخط الذي يريه القمر في الفراغ في مسافة سنة مثلا يوجب خط يختلف عن القطع الناقص اختلافا عظيما لأن حركة القمر التي مارستها غاية الآن حركة نسبية وحركته الحقيقية في الفراغ هي اجتماع هذه الحركة النسبية مع حركة الأرض حول الشمس وباعتبار هاتين الحركتين الآنيتين يوجدان المدار السنوي للقمر هو منحني معرج (شكل ٧١) ويرى أنه مركب من اثني عشر تعرجا كل واحد منها تحتوى على قوس من داخل مدار الأرض وقوس من خارجه وهو نوع مخصوص من الأبيسكلاويد



ش ٧١

وفي الشكل يظهر مدار القمر تارة محدبا وتارة مقعرا نحو الشمس وهو ليس منحنيًا مستويا لأن مستوييه يغير وضعه وميله دائما على مستوى الدائرة الكسوفية

الفصل الثالث

بعد القمر عن الأرض - حجم القمر - حجم القمر

١٥٤ - اختلاف منظر القمر - بواسطة إجراء رصد في آن واحد بمحلين أرضيين كائنين على خط جانبي واحد متباعدين كثيرا يتحصل كما سبق على اختلاف المنظر الأفقي للقمر وقد وجد لاختلاف المنظر الأفقي الاستوائى أعنى المنسوب لنصف قطر خط الاستواء الأرضى المقدار $٥٧' ٤٠''$ باعتبار البعد المتوسط للكوكبين وأما الأقيسة الجديدة فثبتت مقداره على $٥٧' ٢٧''$ وإذا اجريت الطريقة التى ذكرت فيما تقدم لتعيين بعد الشمس عن الأرض يوجد أن البعد المتوسط للقمر عن مركز الأرض يساوى نصف قطر خط الاستواء الأرضى ٦٠٢٧٣ مرة والبعد الأعظم للقمر عن الأرض يساوى نصف قطر خط الاستواء الأرضى ٦٣٥٨٣ مرة وفى وقت الخسوف يكون بعده عن الأرض يساوى نصف قطر خط الاستواء الأرضى ٥٦٩٦٤ مرة

وانفراد المدار الناقصى الذى يرسمه القمر حول الأرض بفرضها ثابتة يساوى ٢٤٠٠٠٠٠ كيلومتر تقريبا والسرعة التى بهما يقطع هذا المدار تتغير على حسب بعده عن الأرض ومقدارها المتوسط هو ١٠٢٢ متر فى الثانية

١٥٥ - نصف القطر الظاهرى للقمر منظور من الأرض - هو فى المتوسط $١٥' ٤٣''$ أو $٩٤٣'$ والقطر الظاهرى للأرض منظورة من القمر (اختلاف المنظر الأفقى) هو $٥٧'$ أو $٣٤٢٠'$ فإذا رُفِعَ بالحرف ١٠ لنصف قطر الأرض وبالحرف ٣٥ لنصف قطر القمر يتحصل

$$\frac{٣٥}{١٠} = \frac{٩٤٣}{٣٤٢٠} = \frac{٣}{١١}$$

ويمكن أن يقال أن قطر القمر يساوى $\frac{٣}{١١}$ من قطر الأرض

ومن ذلك تستخرج نسبة السطوح وتساوى $\frac{٩}{١٢١} = \frac{١}{١٤}$ تقريبا ونسبة الأجزاء وهى

$$\frac{٩}{١٢١} = \frac{١}{١٤} \text{ تقريبا}$$

وأما النسبة بين الجسمين فتساوى $\frac{١}{٧٥}$

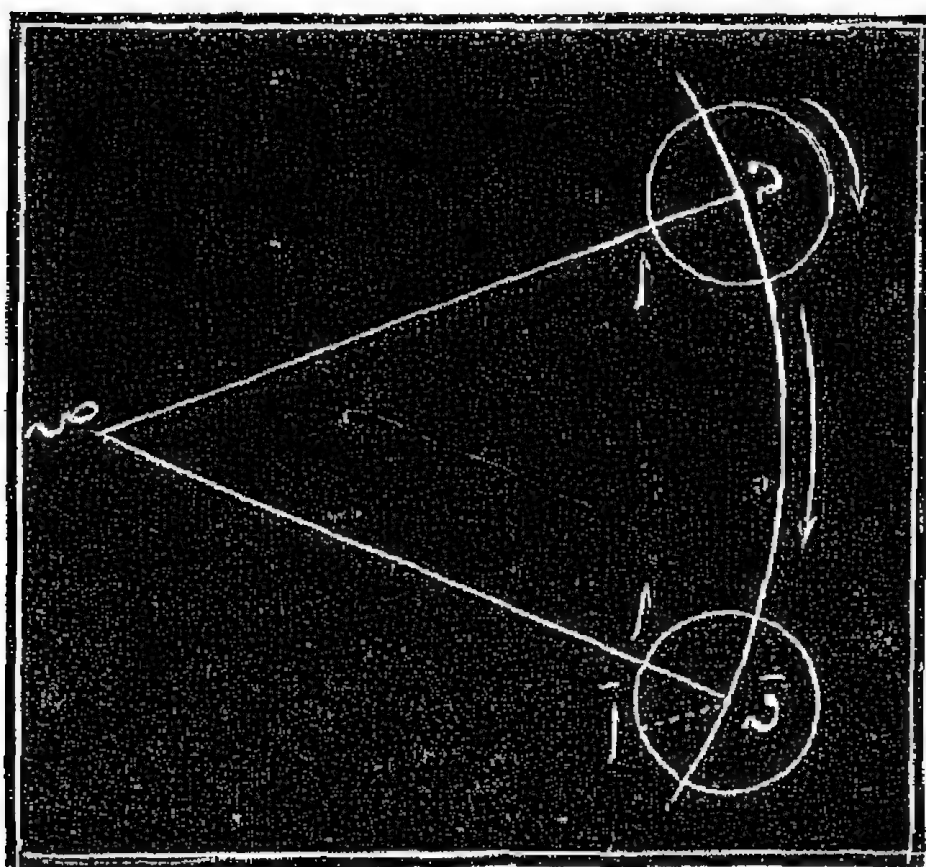
الفصل الرابع

كلف القمر - الحركة الدورانية

١٥٦ - كلف القمر - متى كان القمر مستقيماً بالاشعة الشمسية يظهر على سطح قرصه جولة تقع سنجابية اللون ترى بغير آلات وباختبار هذه البقع بالنظارات ترى الواحدة منها بقعاً كثيرة أصغر منها وشكلها مستدير أو بيضاوى وننبه على ان كائنات القمر مستديرة ليست غرضة مثل كائنات الشمس الى تغيرات في المنظر والشكل أو في الوضع النسبي ولذلك لا يوجه القمر نحو الأرض الانصفاً واحداً منه والكائنات التي ترى لا تزال بعينها في مدة انتقاله المتتالية الا ما ينشأ عن الذبذبات التي سنتكلم عليها

١٥٧ - الحركة الدورانية للقمر - ينتج من عدم تغير وضع كرة القمر بالنسبة للأرض أولاً أن للقمر غير حركته الانتقالية حول الأرض حركة دورانية حول أحد أقطاره ثانياً أن مدة هذه الدورة التي تحصل في الجهة الطردية مساوية لمدة الحركة الانتقالية النجمية ولا ثبات هاتين

القضيتين نقول اذالم يكن للقرص في مدة
قطعه القوس $و$ و $و$ (شكل ٧٢)
من مداره أدنى حركة دورانية فان
نصف القطر $و$ المتجه من مركزه
الى مركز الارض يبقى موازياً لاتجاهه
الاول ويأخذ الوضع $و$ $أ$ ووقتئذ
الكلمة $أ$ التي تنسقط في $و$ على
مركز القرص ترى في $أ$ شرقي ذلك
المركز لكن الارصاد تبين على انها
تبقى منتورة في النقطة $أ$ من القرص

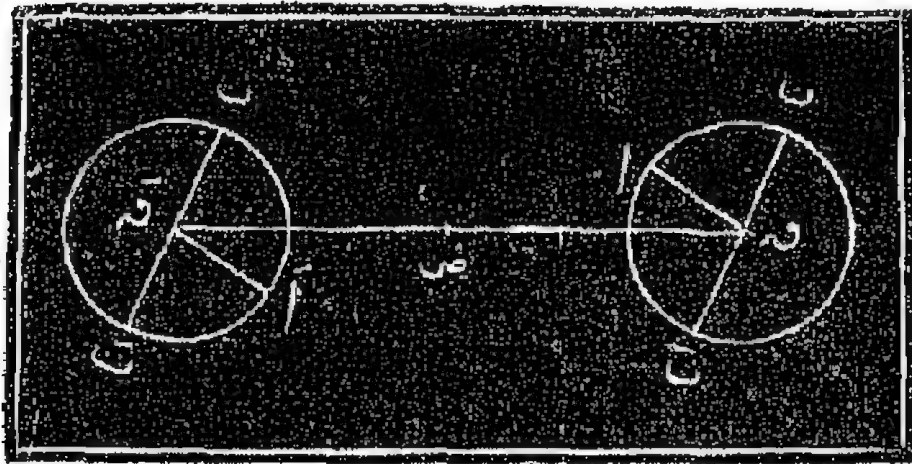


۷۶

بعينها ويلزم من ذلك أن يكون نصف القطر $ق$ ا قد دار براوية $أ$ و $ا = و$ و $ص$ و
 أعني بعدد من الدرج يساوي الدرج الذي يقدر به القوس المرسوم على المدار بالضبط ومتى
 تمت الدورة الانتقالية النجمية للقمر يرجع نصف القطر البوري $ص$ و الى اتجاهه الاول وكذا
 يحصل انصف قطر القمر $ق$ و $ا$ وحركة دوران القمر حول محوره تصير كاملة بحيث ان مدتها
 تكون مساوية بالضبط لمدة الدورة النجمية للقمر أو الى ٣٤٧ ٧ ٢٧ و جهة الحركة الدورانية
 للقمر هي عين جهة الحركة الانتقالية وهي طردية مثلها أعني انما تكون من الغرب الى الشرق

الحركة هي المسماة بالذبذبة في جهة الطول وسبب هذه التسمية ناشئ من كون هذه الحركة
حاصلة في اتجاه مستوي مدار القمر وهو تقريبا اتجاه الدائرة الكسوفية التي عليها تحسب
الاطوال

١٦٠ - الذبذبة في العرض - محور دوران القمر عوضا عن ان يكون عموديا بالضبط
على مستوى مداره ميل قليلا عاياه قيمة تقل موازيا لنفسه صانعا مع العمودى على مستوى المدار
زاوية قدرها $3^\circ 37'$ تقريبا ويسهل مشاهدة كون هذه الحالة وحدها كافية لاحداث ذبذبة



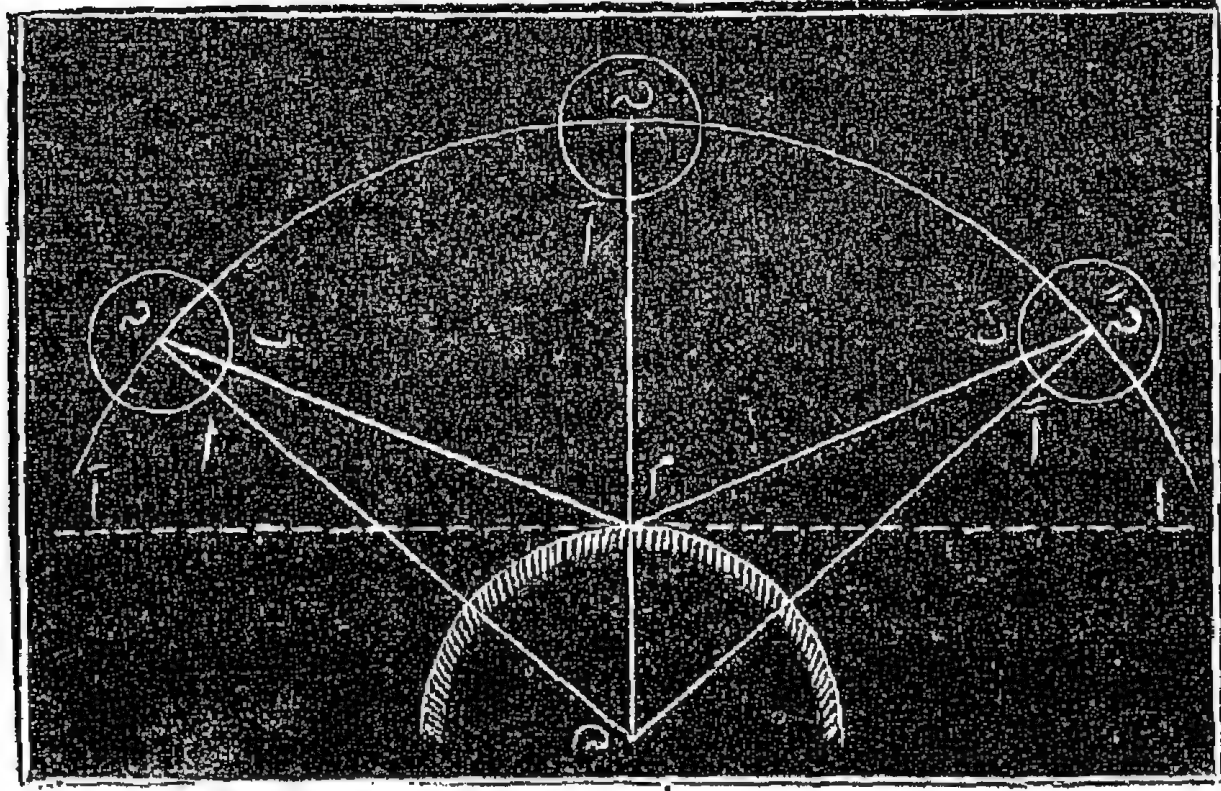
ش ٧٤

في الكلفات بأن نعتبر القمر في وضعين
متقابلين على قطر واحد على مداره
في ق و ق (شكل ٧٤) فيرى
انه حينما يكون القمر في ق لا يمكن
رؤية قطبه ب ويرى بدون مشقة
القطب المقابل ب وانه حينما يأتي

في ق يصير القطب ب منظورا والقطب ب مخفيا ونقطة آ مثلا من دائرة المعدل
القمرية التي كانت ظاهرة في الوضع الاول فوق مركز القرص تصير في آ تحت مركز القرص
متى صنع القمر نصف دورة حول الارض وصار في ق ويكون قد صنع نصف دورة حول
محوره ب ب تقريبا ولذا يجب ان نؤدى كلفات سطحه حركة اهتزازية في اتجاه عمودى على
مستوى المدار أعنى عمودى على مستوى الدائرة الكسوفية تقريبا ولذا سميت هذه الحركة
بالذبذبة في جهة العرض

١٦١ - الذبذبة اليومية - اذ لم يوجد الذبذبة ان اللتان تكلمنا عنهما فيما سبق بقى أحد
انصاف اقطار القمر متجهاد دائما نحو مركز الارض ويرى الراصد الموجود في هذه النقطة
طرف نصف القطر المذكور شاغلا مركز قرص القمر دائما لكن للراصد الموجود على سطح
الارض لا يكون الامر كذلك ولنفرض لاجل السهولة ان القمر بسبب الحركة اليومية يمر
بسمت نقطة م (شكل ٧٥) التي يرصد هومنها في الاوقات المختلفة من اليوم يجب
ان يظهر لنصف القطر ق ا الذي نفرضه متجهاد دائما نحو مركز الارض صه اخذنا على
التعاقب أوضاعا مختلفة مثل ق ا و ق ا و ق ا و ق ا و حينما يكون القمر في ق بعد
شروق هة قليلا تظهر نقطة ا شرقى المركز ب قليلا وحينما يكون القمر في سمت ق
تظهر هذه النقطة في آ مركز القرص وحينما يصير في ق قبل غروبه بقليل تظهر

النقطة بعينها في α غربي المركز β قليلا وتظهر النقطة α حينئذ تتذبذب كل يوم في جهتي وضعها المتوسط وتشترك سائر كافات القمر في هذه الذبذبة في أي وضع كان الراصد وهذه هي الذبذبة اليومية



ش ٧٥

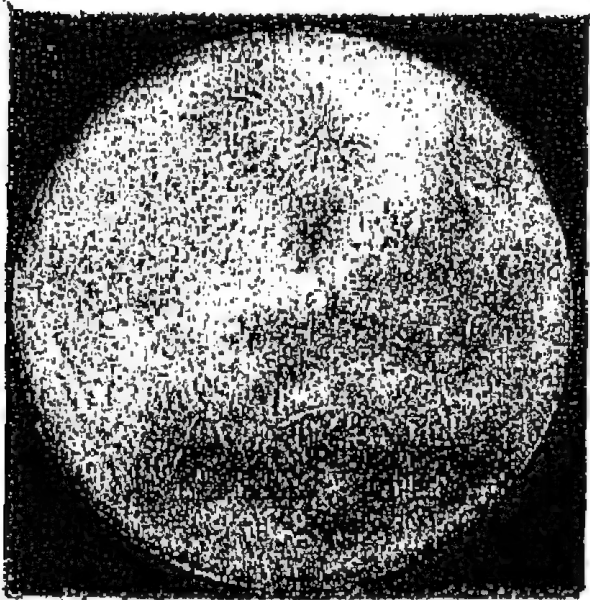
١٦٣ - الشهر القمري والسنة العربية - مدة الحركة الدائرية التي عرفناها تعادل $١٢ \frac{٤}{٤٩}$ سنة تسمى شهرا ومبدأ أول وجود الهلال بعد المحاق والسنة العربية هي اثني عشر شهرا قريا وهالك أسماءها وعدد أيامها

أسماء الشهر	عدد الأيام	أسماء الشهر	عدد الأيام	أسماء الشهر	عدد الأيام
محرم	٣٠	جمادى الأولى	٣٠	رمضان	٣٠
صفر	٢٩	جمادى الثانية	٢٩	شوال	٢٩
ربيع أول	٣٠	رجب	٣٠	ذو القعدة	٣٠
ربيع الثاني	٢٩	شعبان	٢٩	ذو الحجة	٢٩

وحاصل جمع هذه الأعداد المساوي ٣٥٤ يوما هو السنة العربية وهو يساوي حاصل ضرب أيام الشهر القمري بصرف النظر عن الدقائق في عدد أشهر السنة أي يساوي $١٢ \times ٢٩ \frac{٤}{٤٩}$ وتكون السنة ناقصة عن مقدارها الحقيقي بقدر حاصل ضرب $١٢ \times \frac{٤}{٤٩} = ٥٢٨$ وهذا العدد يصير ١١ يوما في كل ٣٠ سنة ولذلك اتفق علماء العرب لا كمال السنة على أن يجعلوا في كل ٣٠ سنة من ابتداء السنة الهجرية ١١ سنة مركبة من ٣٥٥ يوما وهو بالسنين

الكبيسة وكانوا يضيفون اليوم الزائد الى شهر ذي الحجة والتسعة عشر سنة الاخرى تبقى ٣٥٤
يوما وتسمى بسيطة والسنين الكبيسة في مدة كل ٣٠ سنة هي السنين ٢ و ٥ و ٧ و ١٠
و ١٣ و ١٥ و ١٨ و ٢١ و ٢٤ و ٢٦ و ٢٩ ولعرفة السنين البسيطة والكبيسة نقسم
عدد سنين التاربخ على ٣٠ فان بقي باقي يساوي أحدا الاعداد تكون السنة المطالبة كبيسة
والا فبسيطة مثلاً سنة ١٣٠٧ هي بسيطة لان بقية ١٣٠٧ على ٣٠ تبقى ١٧ فهي
اين بسيطة

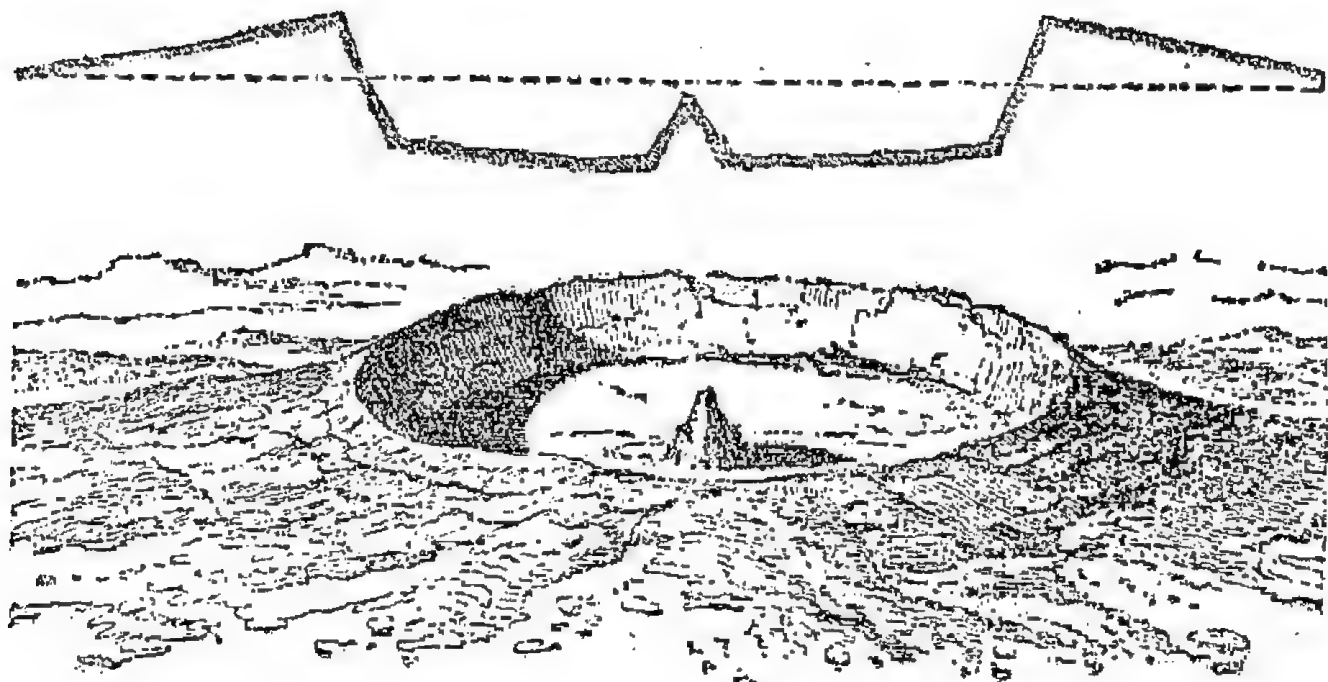
١٦٣ - في التركيب الطبيعي للقمر - اذ ارصد القمر وقت ما يكون بدرا بنظارة عظيمة



ش ٧٦

يرى عليه عدد كبير جدا من الكلفات الصغيرة شكلها
حلقى (شكل ٧٦) ومحيطات النقاط اللامعة لا ترى
حينئذ واضحة لكن اذا جرى الرصد في التبريع الاول
أو الاخير يظهر الجزء المستدير من صعا تجاويف محاطة
بسور مستدير يرى ظلالا وراءه وهذه جبال ذات
صفات بركانية بالكلية وعلى العموم تنتهي هذه الجبال
من أعلى بفوهة مستديرة قطرها عظيم يبلغ ١٥ فرسخا
وعمق التجاويف يزيد كثيرا عن الارتفاع الخارجى

للفوهة عن سطح القمر وفي بعض الاحوال يصل الفرق الى ٧٠٠٠ أو ٨٠٠٠ مترا والقاع
سهل مستو من مركزه ترتفع ربوة مخروطية ذات ميل واقف وعلى جميع الخط الفاصل بين النطل
والنور يظهر داخل التجاويف الحلقيية أسود بالكلية ويرى أيضا رؤس بشكل نقاط لامعة
من تلة تستضيء بالاشعة الشمسية (شكل ٧٧)



ش ٧٧

١٦٤ - ارتفاع جبال القمر - بعمل جولة أقيسة مكرومترية توصّل لتعيين ارتفاع الجبال الشهيرة من القمر وقد وجد ٢٢ جبلا ارتفاعها يزيد عن ٤٨٠٠ مترا (ارتفاع الجبل الأبيض) وهالك جدول لا يبيان أسماء الجبال الشهيرة وارتفاعاتها

أسماء الجبال	أمتار	أسماء الجبال	أمتار
دورفيل	٧٦٠٣	كورييتوس	٦٧٦٩
نوتون	٧٢٦٤	اوجينس	٥٥٥٠
كاساتوس	٦٩٥٦	تيخو	٦١٥١

١٦٥ - عدم وجود جو وماء على سطح القمر - ليس للقمر جو ويتضح ذلك بكسوف النجوم فانه متى مرت احدى النجوم خلف الحافة المظلمة لقرص القمر بسبب حركته الخاصة بين الصور السماوية فانهما تنطق بغتة بدون أن يحصل في ضوءها نقص تدريجي يكون ناشئا عن توسط طرف غازي وتشاهد هذه الحالة للنجوم الصغيرة كما تشاهد للنجوم الكبيرة في مدة خسوف القمر وفضلا عن ذلك اذا كان يحيط بكرة القمر جو فهما كانت قلة كثافته لا بد وان يكون عاكسا فانجمة بعد أن تحتفي حقيقة خلف القرص لا تزال باقية منظورة لحظة وكذلك ترى لحظة قبل خروجها بحيث أن مدة حادثة الكسوف لهذين السببين تصيرا أقل من المدة التي تتعين بالحساب مع ان ذلك غير الواقع

وحيث ثبت ان القمر ليس له جو فلا يمكن أن يكون على سطحه بحار ولا نوع سائل ما لانه من المعالوم ان الموائع تتبخر حالا في الفراغ لان ضغط الجو هو الذي يحفظ المياه على سطح الارض وهو الذي يمنعها من التبخر فاذا كان هناك مياه على سطح القمر لتبخرت حالا ونشأ من ذلك وجود جو وقد ثبت بطلانه

وحيث انه لا توجد موائع ولا غازات على سطح القمر فلا يمكن أن يتصور وجود نباتات أو حيوانات من أي نوع كان وحيث أنه غالب ان القمر غير مسكون ثم انه وان كان القمر خاليا من الجو لكن لا يستحيل وجود بعض غازات داخل التجاويف العظيمة التي توجد على سطحه

الفصل الخامس

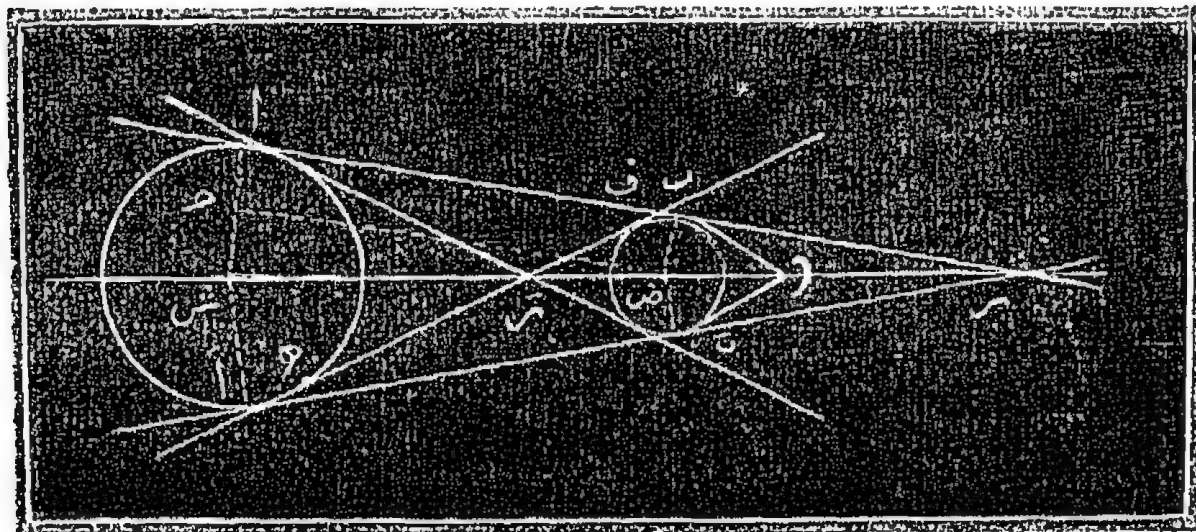
كسوف الشمس - خسوف القمر

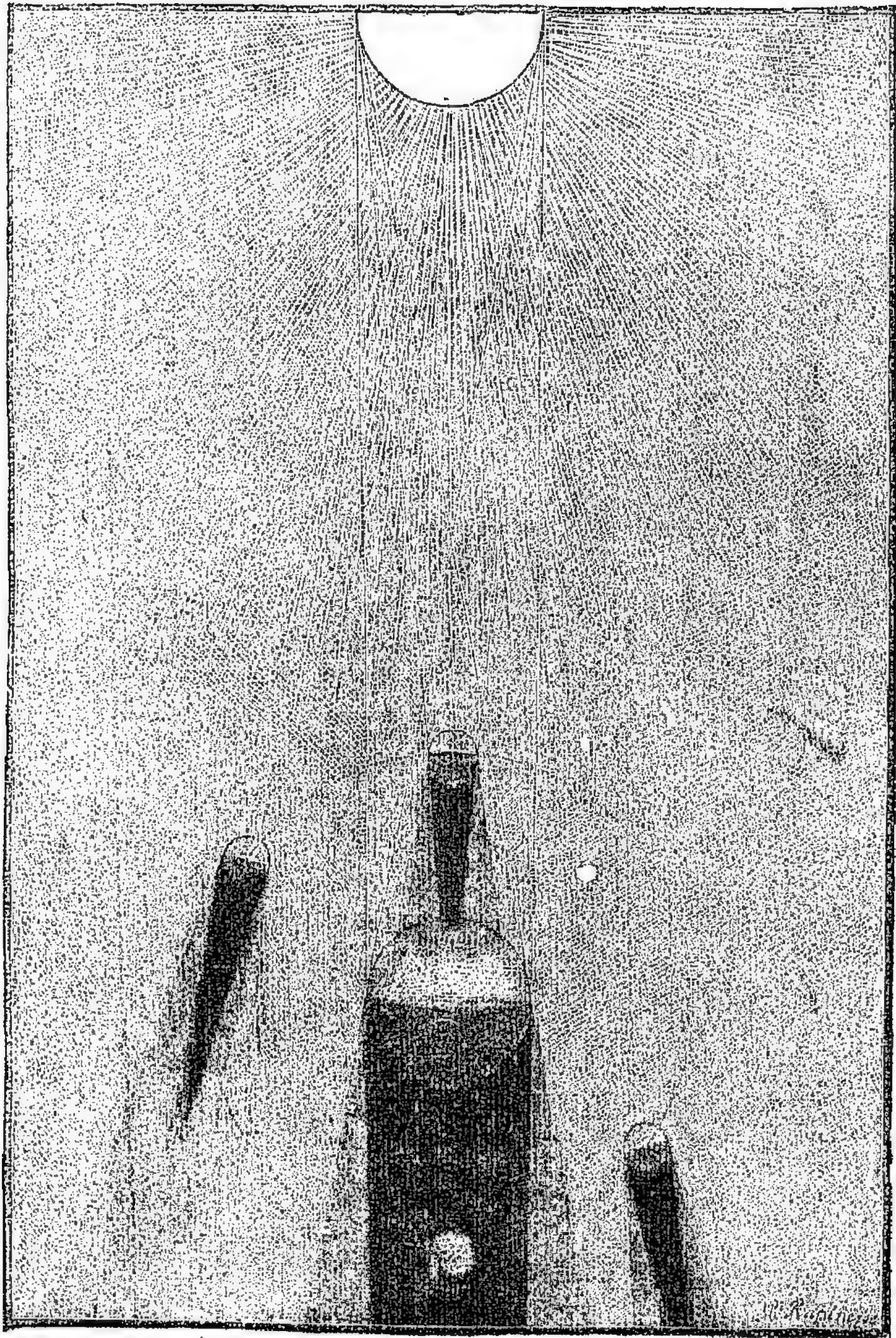
١٦٦ - كسوف الشمس وخسوف القمر - في وقت الحماق أعنى وقت وجود القمر بين الشمس والأرض يفقد قرص الشمس أحياناً ~~شكلاً~~ المستدير فينتقور من جهة واد التقوية على التوالي ثم تأخذ في النقص ويرجع القرص الى شكله المعتاد وأحياناً يغطي القرص بتمامه ولا يرى مدة دقائق وأحياناً يغطي جزء مركزي منه ولا يرى سوى حلقة مضيئة وهذه الظواهر التي مدتها قصيرة تسمى كسوف الشمس وكذلك يظهر القمر أحياناً بأشكال مشابهة لهذه وقت ما يكون بدراً حينئذ تكون الأرض بين الشمس والقمر

١٦٧ - خسوف القمر - الأرض جسم ممتلئ نصفها مظلم دائماً وفي حركتها حول الشمس ترى وراءها مخروط الظل يتعاقب طولاً يبعدها عن الشمس وجميع نقط الفراغ التي توجد في هذا المخروط الظلي ممنوعة بداهة من نور الشمس ومتى دخل القمر كله أو بعضه في هذا المخروط يحصل خسوف كلي أو جزئي (شكل ٧٨) ولتثبت أولاً إمكان حصول الخسوف أعنى دخول القمر في المخروط الظلي المذكور . لذلك نرسم مستوي يمر مركز الشمس والأرض فهذا المستوى يقطع الكرتين في دائرتين عظيمتين $س أ$ و $ص ب$ (شكل ٧٩) ثم نرسم المماس المشترك من الخارج $س أ$ للمحيطتين ونعتبر المخروط المتولد من دوران هذا المماس حول $س$ بجميع نقط الفراغ التي في الجزء $س ب$ لا تتلقى ضوءاً من الشمس وهذا هو المخروط الظلي الذي ترميه الأرض وراءها ولحساب بعد رأس هذا المخروط عن مركز الأرض وهو $س ص$ نرسم $ص ح$ موازياً $أ ب$ فن المثلثين المتشابهين $س ح ص$ و $ب ص ب$ يحدث

$$\frac{ص س}{س ح} = \frac{ص ب}{س ح} \quad \text{ومنه} \quad ص س = \frac{س ب \times ص ب}{س ح} = \frac{٢٣٣٠٠}{١٠٧٠٥٥٦} = ٢١٦$$

وذلك يجعل نصف قطر الأرض وحده





خسوف القمر وكسوف الشمس

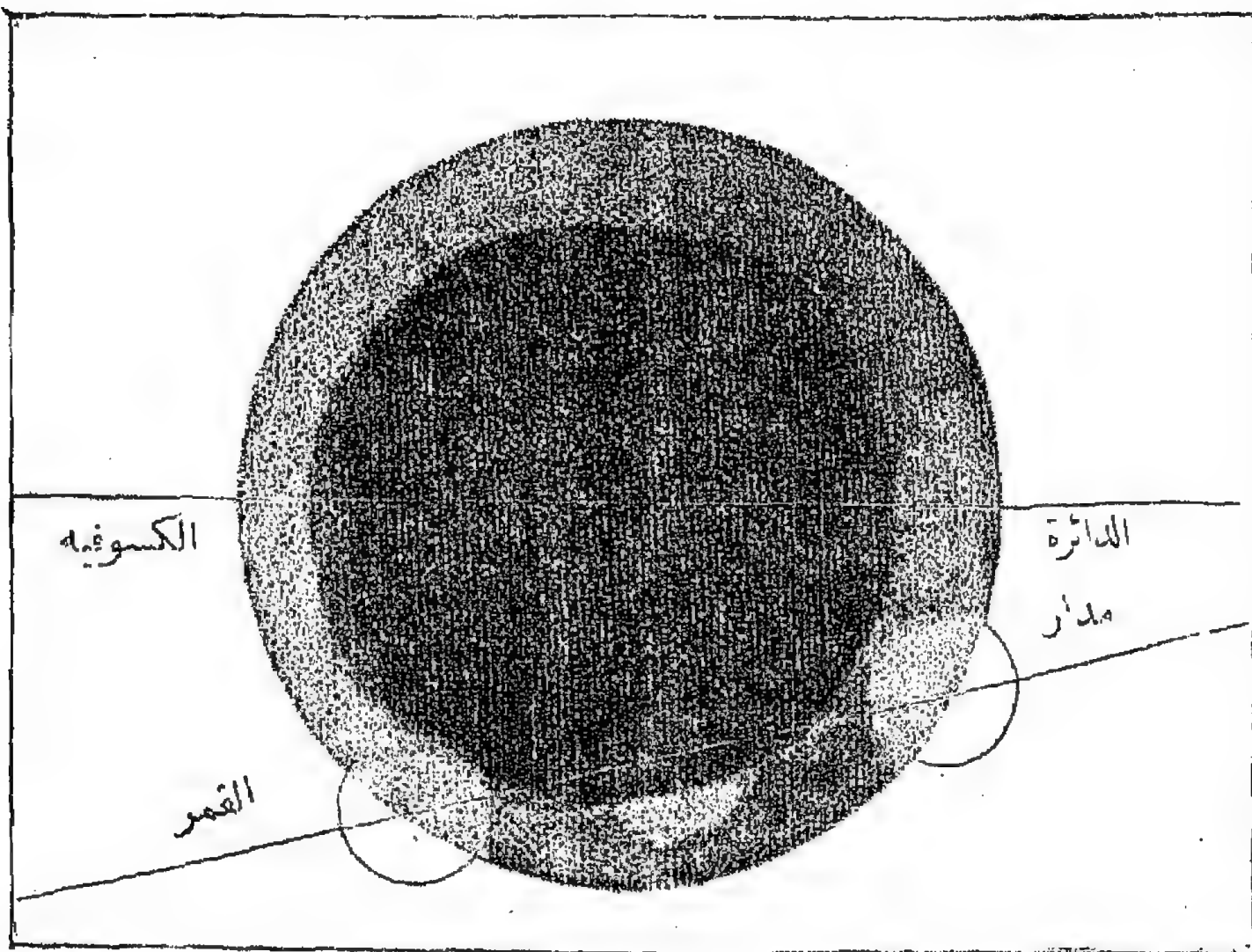
ش ٧٨

وحيث يمكن أن يقابل القمر المخروط الظلي للأرض حيث أن بعده الأوجي عنها لا يبلغ نصف قطر خط الاستواء الأرضي ٦٤ مرة

ومع ذلك فيمكن أن ينحصر القمر بأ كمله في ذلك المخروط والبرهنة على ذلك نقول حيث أن قطر القطاع العرضي للمخروط في وسط البعد r صه يكاد أن يساوي نصف قطر الأرض وإن القمر يقابل المخروط الظلي على بعد منها قدر نصف قطر الأرض ٦٠ مرة تقريبا وقطر القطاع العرضي في طول هذا البعد أكبر من نصف قطر الأرض فبناء عليه يمكن أن ينحصر القمر بأ كمله في المخروط الظلي لأن قطره ليس الأربيع قطر الأرض تقريبا وحيث يحصل الخسوف وربما كان كليا

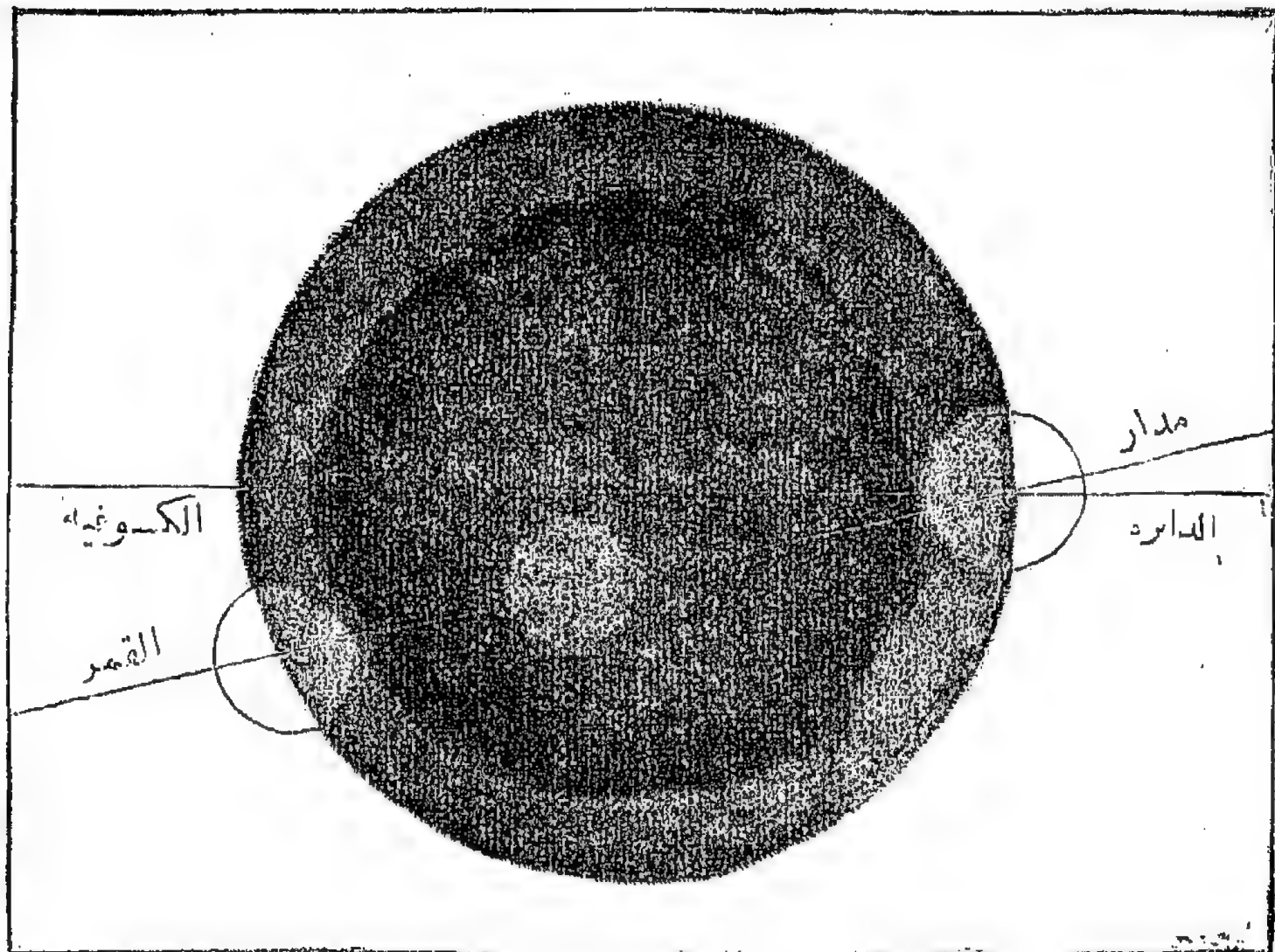
١٦٨ - شروط وقوع الخسوف - ينتج مما سبق أنه إذا كان مستوى فلك القمر منطبقا على مستوى الدائرة الكسوفية يحصل خسوف دائما في لحظة الاستقبال أو البدر وإن كان حيث يوجد ميل بين المستويين فيمكن بسببه مرور المخروط الظلي للأرض فوق أو تحت القمر ولا يحصل الخسوف ما لم يكن القمر مجاورا جد العقديتين في لحظة الاستقبال فيستحيل الخسوف متى تجاوز عرض القمر 16° أو 1° ويكون البتة متى كان العرض أقل من 44° أو 52° وبين هاتين النهايتين قد يكون وقد لا يكون

١٦٩ - الخسوف الجزئي - متى لم يدخل القمر إلا بجزء منه في المخروط الظلي للأرض



يسمى الخسوف جزئياً لكن قبل أن يدخل القمر في المخروط الظلي يقابل شبه الظل أعنى يقابل نقط الفراغ المحصورة في المخروط المتولد سطحه من دوران المماس المشترك من الداخل هـ ر ف (شكل ٧٩ و ٨٠) حول سـ صـ ويتبدى ضوء القمر حينئذ في النقص حيث يأخذ جزء الشمس الذي يضيئه في التناقص ثم ان القمر يصل المخروط الظلي الحقيقي ويعتد الظل شيئاً فشيئاً على السطح الى اللحظة التي فيها يوجد مركزه في النقطة من مداره الاقرب الى المحور سـ صـ وبلا ابتداء من هذه اللحظة تنقص التقوية ويخرج الكوكب من المخروط الظلي الحقيقي ليدخل في شبه الظل ويأخذ ضوءه وقتئذ في الازدياد الى أن يصير في جزء الفراغ المستنير بالشمس بالتمام

١٧٠ - الخسوف الكلي - قد علمنا ان القمر يمكن أن ينحصر بأكمله في المخروط الظلي وذلك هو الخسوف الكلي كما في (شكل ٨١) فينقص أولاً ضوءه شيئاً فشيئاً بتتابع دخوله في شبه الظل وتكون التقوية في لحظة دخوله في المخروط الظلي وتأخذ في الكبر شيئاً فشيئاً وبعد قليل يصير القرص بأكمله مغطى بظل الارض وتحصل تقريبا جميع أشكال القمر التي تشاهد بين البدر والمحاق التالي لكن في مدة قصيرة جداً ان النهاية العظمى لمدة الخسوف ساعتان وبعد ان يستقر القمر مدة مغطى بظل الارض يتفصل ويظهر جزء منه وتحصل جميع الاشكال التي شوهدت أولاً لكن على عكس الترتيب



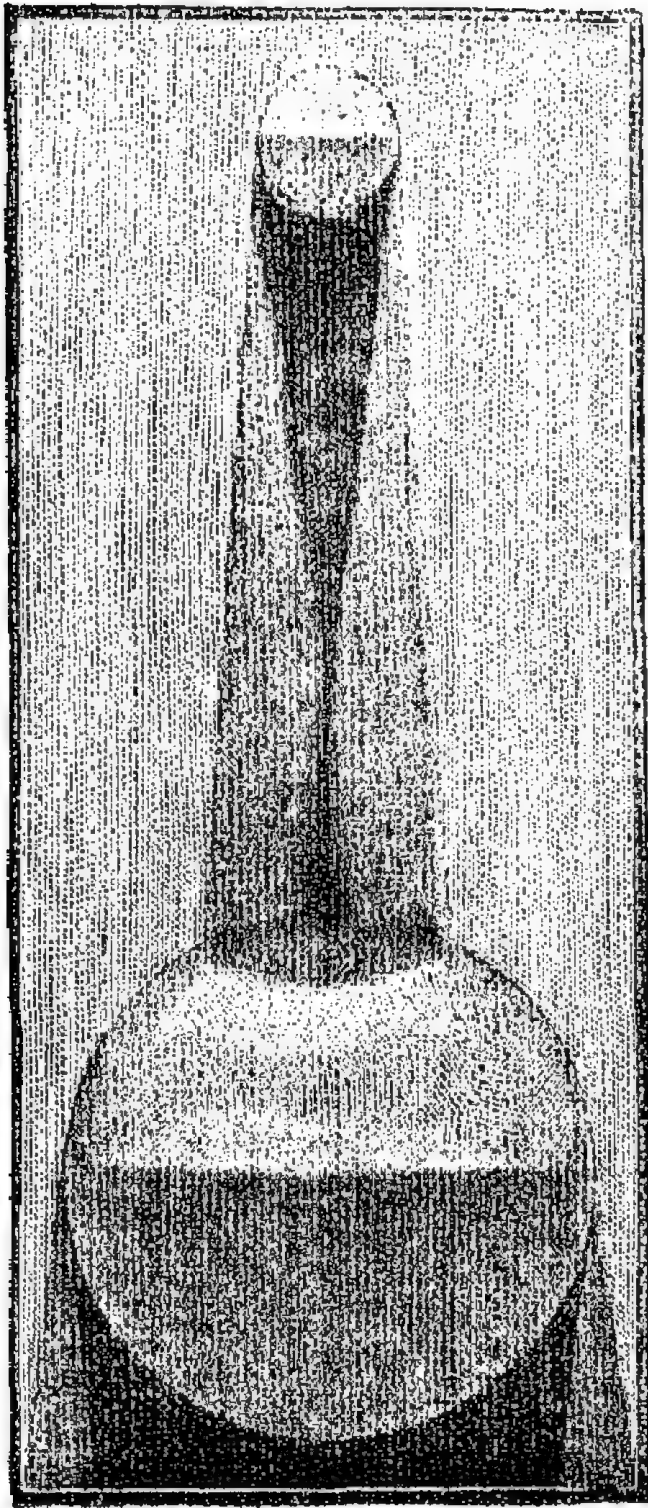
١٧١ - تأثير جوا الارض على الظاهرة - في مدة الخسوف الكلى لا يكون القمر مجردا عن الضوء الكلية بل يظهر بلون محمر وسبب ذلك ان الاشعة التى تمر من جوا الارض يعترضها انحراف يقربها من محور المخروط الظلى وبسبب هذا الانحراف تقرب رأس المخروط الظلى الذى لا يلقى الاشعة الضوئية مباشرة من الارض وتصير في (شكل ٧٩) والحساب يبين ان طول المخروط بسبب ذلك يؤل الى ٤٣ مرة قدر نصف قطر الارض والقمر الذى بعده المتوسط عن الارض ٦٠ نصف قطر ارضى لا يمكن ان يدخل حينئذ في الجزء ب و ر التام الظلمة وحينئذ في لحظة الكسوف الكلى لا يكون القمر غير ظاهر بالكلية بل يظهر قرصه بالكيفية التى ذكرناها واللون المذكور انما هو ناشئ من كون الاشعة الشمسية المنسوبة لها هذه الاستضاءة قد هرت من طبقة جسيمة السمك من الجوا الارضى وتشرب الجوا للضوء ويميل الى تغيير لون الاشعة المذكورة

١٧٢ - كسوف الشمس - قد ذكرنا فيما تقدم ان كسوف الشمس يحصل في لحظة الاجتماع دائما

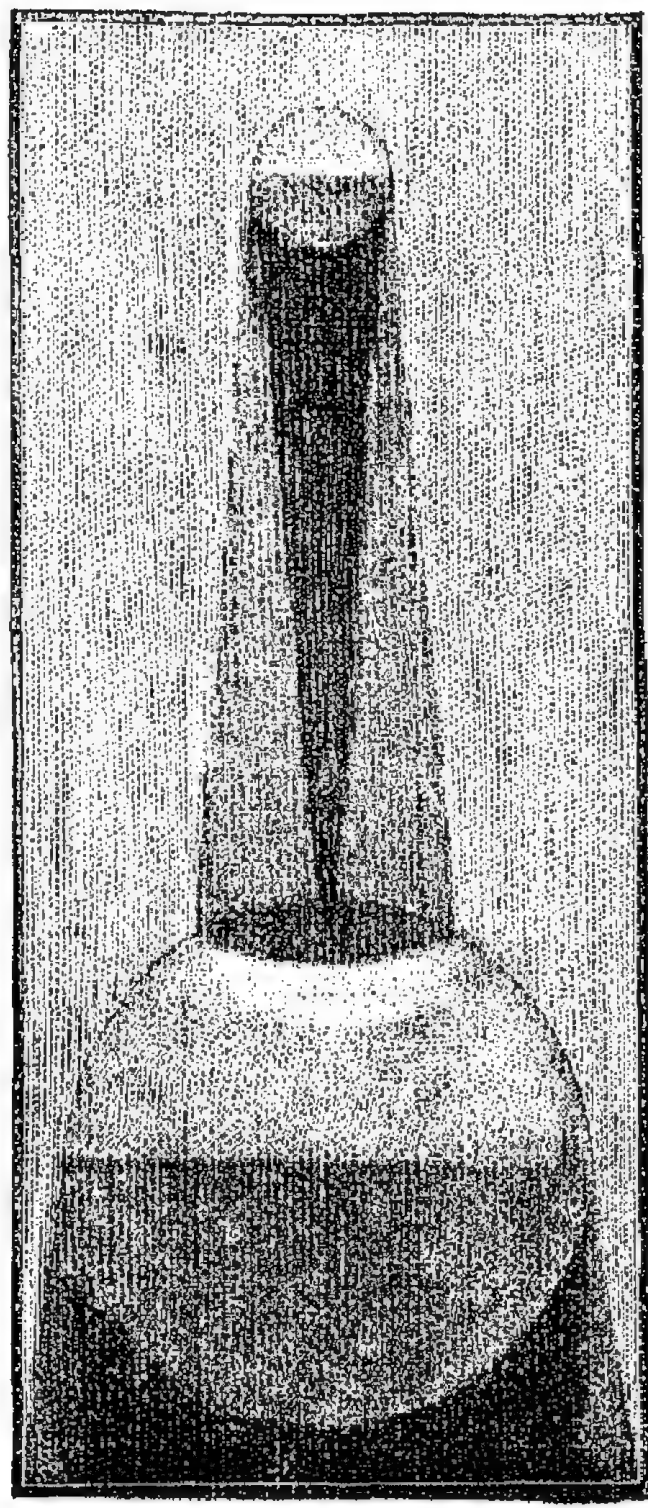
فالقمر الذى هو جسم معتم يحمل وراءه في حركته حول الارض مخروطا من الظل طوله يتعلق ببعد القمر عن الشمس ويمكن حساب هذا الطول كما جرى في (بند ١٦٧) فيوجد أنه يتغير بين ٥١ و ٥٩ نصف قطر ارضى ومن جهة أخرى بعد مركز القمر عن أقرب نقط الكرة الارضية اليه يتغير بين ٥١ و ٦٣ نصف قطر ارضى ومن ذا ينتج انه حينما يكون القمر في الاوج لا تصل رأس المخروط الظلى الى الارض وحينما يكون القمر في الحضيض يمكن أن يقابل المخروط الظلى بجملة نقط من سطح الارض وتحصل حادثة كسوف الشمس

ولزيادة الايضاح نقول انه متى وصلت رأس المخروط الظلى الى الارض يكون الكسوف كليا بالنسبة لجميع النقط الارضية الموجودة داخل المخروط (شكل ٨٢) وبالحساب علم ان المنطقة التى يكون الكسوف كليا بالنسبة لها في لحظة ما معينة أقل من $\frac{1}{12}$ من السطح الكلى للارض لكن بسبب الحركة الدورانية للارض مع الحركة الاتقالية للقمر يمتد المخروط الظلى في الحقيقة على سعة أكثر من ذلك وقد قلنا انه حينما يكون القمر في الاوج لا تصل رأس المخروط الظلى الى الارض فلا يحصل كسوف كلى بالنسبة لاي نقطة من الارض (شكل ٨٣) وبالنسبة للنقط الموضوعة على محور المخروط يكون القطر الظاهري للشمس أكبر من القطر الظاهري للقمر ويجب حينئذ ان يرى من هذه النقط حافة الشمس مكونة حلقة مضيئة حول قرص القمر ويسمى الكسوف حلقي

وفي وقت وجود كسوف كلي أو حلقى بالنسبة لبعض نقط من سطح الأرض فإنه يكون كسوفاً جزئياً بالنسبة للنقط أخرى كثيرة يصل إليها شبه الظل وذلك أن هذه النقط لا يمكن أن يشاهد منها إلا جزء من الشمس يكون صغيراً كلما كانت هذه النقط قريبة من المخروط الظلي



كسوف حلقى
ش ٨٣



كسوف كلي
ش ٨٢

١٧٣ - شروط وقوع الكسوف - إذا كان مستوى مدار القمر منطبقاً على مستوى الدائرة الكسوفية فإنه يحصل كسوف في كل اجتماع ولكن بسبب ميل المستويين يتأتى غالباً أنه في وقت الاجتماع يمر المخروط الظلي فوق أو تحت الأرض وفي هذه الأحوال لا يحصل كسوف ويكون الأحرى بالعكس إذا كان عرض القمر قليلاً في وقت الاجتماع أعني إذا كان القمر قريباً من عقديته فإنه قد يدخل الأرض في المخروط الظلي وشبه الظل وبالحساب وجد أن الكسوف يكون محققاً حينما يكون عرض القمر أقل 10° إلى 24° وقت الاجتماع ويكون مستحيلاً إذا كان العرض أكبر من 32° وبين هاتين النهايتين قد يكون وقد لا يكون وحينما يصير الكسوف كلياً تحصل ظواهر شهيرة فباختفاء الشمس يتناقص النور وتنخفض

درجة الحرارة ومتى آل القرص الى هلال رفيع جدا تختفي بغتة ويتقلب النهار لا يمكن
لا يكون ليلا تاما بسبب الضوء المنعكس بالجو وانما ترى النجوم ويزيد الكروموسفير والنتوات
عن الجزء المنكسف ويحدث ما يسمى بالاكليد وبعد قليل قدره سبع أو ثمان دقائق (٥٨ و ٧
في خط الاستواء) يخرج شعاع ضوئي دفعة واحدة غربي القمر ويظهر النهار بغتة بالثاني
وتظهر الشمس شيئا فشيئا حتى ترى جميعها

١٧٤ - الفرق بين الخسوف والكسوف - الخسوف يرى من جميع بقاع الارض
التي فيها يكون القمر فوق أفقها وحيث ان الحادثة تنشأ عن ذهاب نور القمر فيكون الشكل
واحد في جميع النقط الارضية المذكورة وأما في الكسوف فان سطح الشمس يغطي بقرص
القمر فقط والتأثير الناتج عن هذا التوسط يجب ان يتغير حينئذ على حسب الاوضاع المتناظرة
للمرصد وللقمر وللشمس وتحصل الحادثة على التوالي في النقط المختلفة بمجرد انتقال الظل
وشبه الظل على سطح الارض

١٧٥ - دور الكسوف والخسوف - قدسمى الاقدمون مدة قدرها ١٨ سنة
و ١١ يوما باسم مخصوص (ساروس) لانها تحتوي على ٧٠ خسوفا وكسوفا منها ٢٩ خسوفا
و ٤١ كسوفا والخسوفات والكسوفات التي شوهدت في غضون هذه المدة تحصل في المدة
التالية لها بالعدد بعينه وفي التواريخ بعينها وبذلك توصل الاقدمون الى القول بالخسوف
والكسوف مقدما ولكن في أيامنا هذه وجود الجداول الفلكية المضبوطة أغنى عن هذا
الاعتبار

والكسوفات أكثر حصولا من الخسوفات وذلك لانه لا اجل حصول الكسوفات يكفي دخول
القمر بين الشمس والارض في المخروط المرسوم عليهم من الداخل وأما الخسوفات فانها تحصل
حينما يدخل القمر في المخروط الظلي للارض وحيث ان الابعاد العرضية للمخروط تكون
في الجهة الاولى أكبر من الثانية فالدخول الاول يحصل أكثر من الثاني

ومع ان الكسوفات أكثر من الخسوفات فان الخسوفات تكون أكثر حصولا من الكسوفات
بالنسبة لنقطة واحدة من سطح الارض وسبب ذلك ان الخسوفات ترى دفعة واحدة من جميع
النقط التي القمر فوق أفقها وأما الكسوفات فلا ترى الا على التعاقب ومن جزء من نصف
الكرة الارضية الموجه نحو الشمس فقط

وفي السنة الواحدة يوجد بالاكثير ٧ كسوفات وخسوفات وبالاقل ٢ وحينما لا يوجد الا اثنان
فهما كسوفان

الفصل السادس

المدة والجذر

١٧٦ - وصف حادثه المد والجذر - يرتفع البحر وينخفض كل يوم مرتين بل كل ٢٤^س عن تسوية متوسطه فحينما يرتفع البحر يزحف على الشواطئ ويدفع بالثاني مياه الانهر فترتفع حينئذ في مجاريها وهذا هو المد . ومدة الارتفاع ست ساعات ومتى أخذ البحر نهايته العظمى من الارتفاع يستمر سبع أو ثمان دقائق ثم يتبدى في الانخفاض زاحف عن الشواطئ التي كان عليها شيئا فشيئا وهذا هو الجذر وبعد الجذر يحصل مد جديد وهكذا

والمسافة بين المدين ٢٥^د و ١٢^س ومدة المد تزيد عن مدة الجذر لان البحر يستعمل زمانا في الصعود أكثر من النزول والفرق ليس واحدا بالنسبة لجميع المين فقد اراه في هافر وبولوني ٢٨^د ٢^س وفي مينه بريست ١٧^د فقط

١٧٧ - تغير أوقات المد والجذر - التأخير اليومي لحادثه المد والجذر هو ٥٠ دقيقة وهذا المقدار هو مقدار تأخير هرور القمر بمستوى الزوال كل يوم وحيث ان تأخير ٥٠ دقيقة كل يوم يحدث تأخيرا قدره ٢٤ ساعة بعد ٢٩ يوما وثلاث أعني بعد شهر رقرى فيجب حينئذ ان تنقلب أوقات المد والجذر كل نصف شهر رقرى من صباح الى مساء وبالعكس وبعد شهر رقرى كامل يعود المد والجذر الى الاوقات الاولى بعينها وحينئذ فهناك ارتباط بين الاوقات التي يحصل فيها المد والجذر وبين أوقات هرور القمر بمستوى الزوال

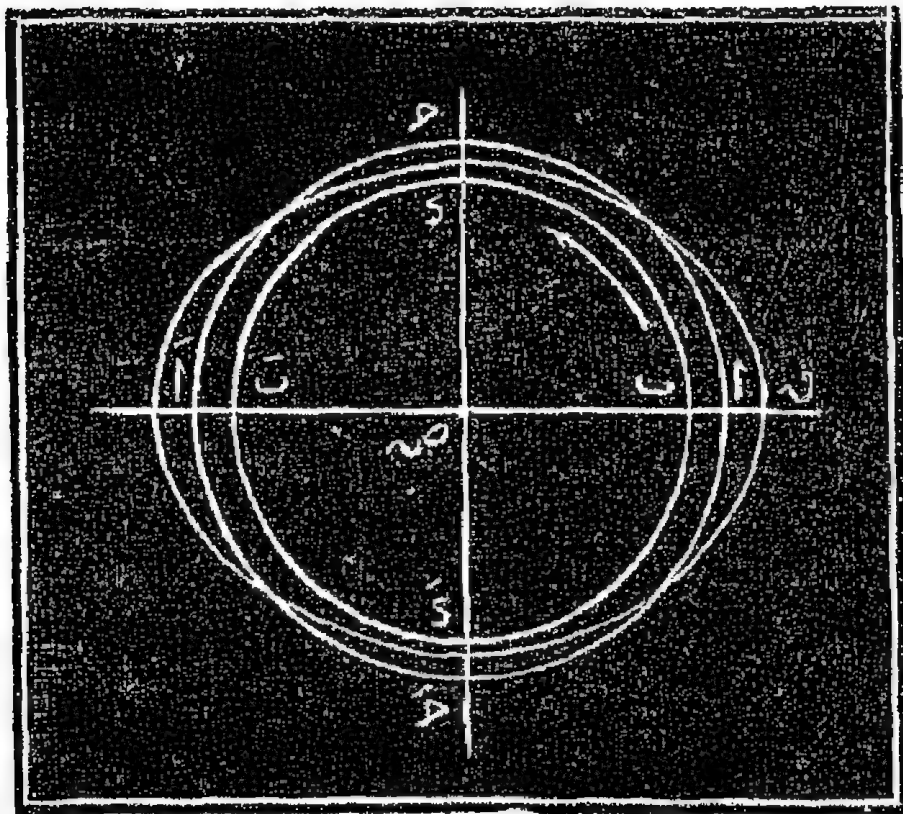
١٧٨ - تغير الارتفاع - كلما كان ارتفاع المياه في المد كبيرا كلما كان انخفاضها كثيرا في الجذر التالي له وبأخذ المتوسط بين جذر ومد متتاليين يتحصل على نتيجة ثابتة تقريبا ولهذه التسوية تناسب الارتفاعات في عمليات الميزانيات ويسمى مدا كل ما متوسط متين أحدهما يلي جذرا والاخر يسبقه والمد الكلى في الوقت الواحد متغير على حسب المدين بسبب اختلاف شكل الشواطئ وفي المينة الواحدة يتغير على حسب أوجه اشكال القمر وعلى حسب ابعاد الارض عن القمر والشمس وعلى حسب ميل هذين الكوكبين ففي وقت الاجتماع والاستقبال يصل المدينهايته العظمى والجذر نهايته الصغرى وأما في وقت التربعين فيأخذ المدينهايته الصغرى وليعلم ان أعظم مدا يحصل في نفس لحظة الاجتماع أو الاستقبال بل بعدها بقدر ٣٦ ساعة فالمد الثالث الذي يلي الاجتماع والاستقبال هو الذي يكون أكبر مد وكذلك المد الثالث الذي يلي التربع الاول والاخير يكون هو أصغر مد وهذا التأخير ينسب لاحتكاك

العناصر السائلة بعضها على بعض وعلى قاع البحر وينشأ عن هذا الاحتكاك بطء في حركتها وفي (برست) يصل المد الكلى للاجتماع والاستقبال في المتوسط ارتفاع قدره ٦,٢٥ مترا والمد الكلى للتربعين فيها هو ٣,١٠ مترانقط

وبعد الارض عن القمر يحدث تأثير على مقدار المد الكلى الذي يزداد باقتراب القمر من الارض ويتناقص بتباعده عنها وفي مينة (برست) تغير البعد المذكور يحدث تغيرا مقداره ١,٧٧ في ارتفاع المد الكلى وكذلك تغير بعد الشمس عن الارض يؤثر على مقدار المد الكلى غير ان ذلك التأثير قليل بالنسبة لتأثير القمر

وكذا ارتفاع المد والجزر يتغير على حسب ميل الشمس والقمر فحينما يكون القمر قريبا من دائرة المعدل في وقت الاعتدالين يكون المد والمقابل للاجتماع والاستقبال هو أكبر مد وينتج من جميع ما تقدم ان هنالك ارتباطا أصليا بين حادثة المد والجزر وحركات القمر والشمس وسنبين ان المد والجزر هما نتيجة تأثير جاذبية القمر والشمس على الارض أعني نتيجة من قاعدة الجذب العام

١٧٩ - المد والجزر القمري - نفرض الارض كروية ومحاطة بطبقة من الماء ذات سمك واحد فلبيان الشكل الذي يأخذه سطح السائل بتأثير جذب القمر نفرض ان مستوى خط الاستواء الارضى ينطبق على مستوى مدار القمر وليكن ب د ك (شكل ٨٤) هو خط الاستواء الارضى و ا ح ا ح سطح السائل و و هو القمر في سمت نقطة أ فتأثير القمر على الجزء الجامد من الارض يكون بعينه كما لو كانت جميع كتلتها مجمعة في مركزها ص (وهذه مسألة ميكانيكية نأخذها



ش ٨٤

بالتسليم) وحيث ان الجذب مناسب لعكس مربع البعد فبناء عليه يحصل التأثير كما اذا كان العنصر ب على بعد ٦. نصف قطر ارضي بخلاف العنصر السائل أ فهو على بعد ٥٩ نصف قطر فقط ونسبة مقادير الجذب تكون حينئذ مساوية الى

$$\frac{1}{59^2} : \frac{1}{6^2} = \frac{1}{3481} = \frac{1}{60} + 1 = 0,0166$$

وحيث ان العنصر α مجذوب بقوة أكثر من العنصر β فيميل الى أن يتفصل عن سطح الأرض لولا تأثير التشاقل غير ان تأثير التشاقل على العنصر α يكون ضرورية منقوصا وفي الطرف الآخر من القطر يكون الجذب على α أقل من الخاصل على β وتكون النسبة مساوية الى

$$\frac{1}{r_1} : \frac{1}{r_2} = \frac{1}{r_1} = \frac{1}{r_2} = 1 - 0.03$$

وبناء عليه قميل β لان تفصل عن α والتشاقل الذي يحفظ العنصر α على سطح الأرض يوجد كذلك منقوصا بجذب القمر

والعنصران السائلان الموضوعان على القطر العمودى على β يمكن اعتبارهما موجودين على بعد من القمر هو عين بعد المركز منه عنه وتأثير التشاقل الأرضى على هذه العناصر لا يعتبره أدنى نقص و ينتج مما سبق انه يمكن اعتبار الكتلة السائلة متأثرة بتأثير متغير من التشاقل يأخذ فى الزيادة من α و α نحو β و β بحيث ان الطبقة السائلة يلزم ان تأخذ شكل مجسم ناقص دوراني مفرطح على حسب α ومبسط على حسب الاتجاه العمودى β كما تبين من (شكل ٨٤)

وذلك هو الشكل الذى تأخذه مياه البحر بكيفية مستديرة اذ باقى القمر والأرض غير متحركين لكن من الحركة الدورانية للأرض ومن الحركة الانتقالية للقمر حول الأرض ينتج أن القمر كأنه يرسم من الشرق الى الغرب موازيا سماويا فى $38^\circ 50'$ ولفرض ان القمر يمر الآن بمستوى زوال نقطة α فيوجد مدنى α و α وجذرى β و β اللتين فيهما يرى القمر يشرق ويغرب وبعد اللحظة المفروضة بقدر $37^\circ 12'$ يمر القمر بمستوى زوال النقطة β ويوجد حينئذ مدنى β و β وجذرى α و α وهكذا

وحينئذ فلنقطة حيثما اتفق من المحيط α و β يتعين فى كل يوم قرى

أولا - مدنى المرور العلوى للقمر بمستوى الزوال

ثانيا - جذرى غروب القمر

ثالثا - مدنى المرور السفلى للقمر بمستوى الزوال

رابعا - جذرى شروق القمر

وتلك هى الظواهر التى تحصل فى الجزء الاسمى تقريبا لكن فى منطقة لا يمر القمر مطلقا بالسمت ولا يتحصل على أعلى اتفاخ وزيادة على ذلك تحصل موجة المد فى لحظة واحدة بجميع

المحلات الموضوعة على مستوى الزوال الذي يمر عليه القمر أو على مستوى الزوال المقابل على الاتجاه القطري

١٨٠ - المد والجزر بالنسبة للشمس - جميع ما ذكر في البند السابق منطبق على تأثير الشمس على الطبقة السائلة المحيطة بالأرض فيحصل فيها مد وجزر شمسي مدته يوم شمسي ومع كون حجم الشمس أكبر كثيراً من حجم القمر لكن تأثير الشمس أقل من تأثير القمر بسبب عظم البعد الذي يفصلها عن الأرض ويمكن

بالحساب تعيين النسبة بين التأثيرين وليكن م حجم القمر و د بعده عن مركزه عن مركز الأرض و ف جذب وحدة الجسم في وحدة المسافة و ب نصف قطر الأرض فالقوة التي تجذب العنصر ١ تين بالقانون (١)

$$\frac{F_m}{(d-m)^2} = \frac{F_m}{d^2} - \frac{F_m}{(d+m)^2}$$

وحيث أن ب د كسر صغير من د يمكن صرف النظر عنه ويتحصل

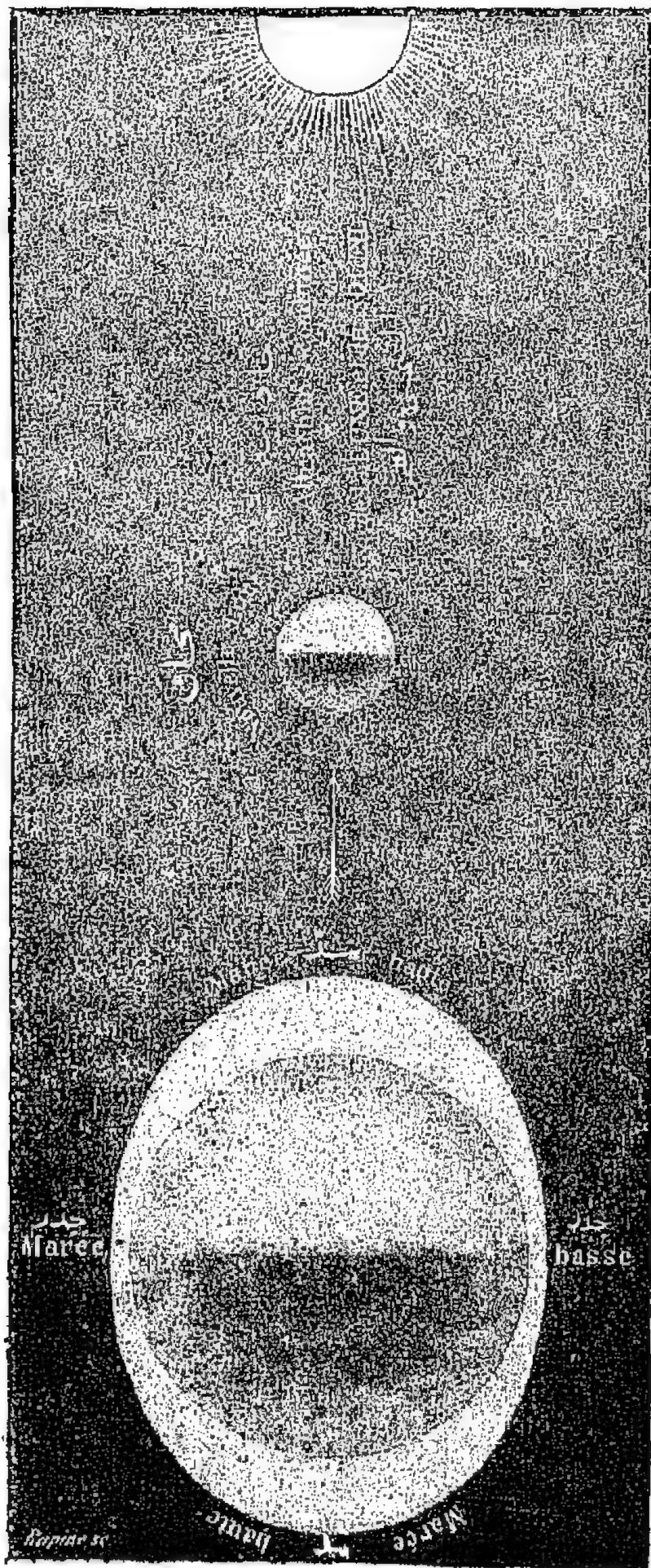
$$\frac{2 \times F_m \times m}{d^3}$$

وبالرفض لجسم الشمس بالحرف م وبالحرف د بعده عن مركز الأرض بخاذلية الشمس التي تجذب العنصر ١ تكون مقيمة بالمقدار

$$\frac{F_m}{d^3} \times 2$$

والنسبة بين القوتين هي

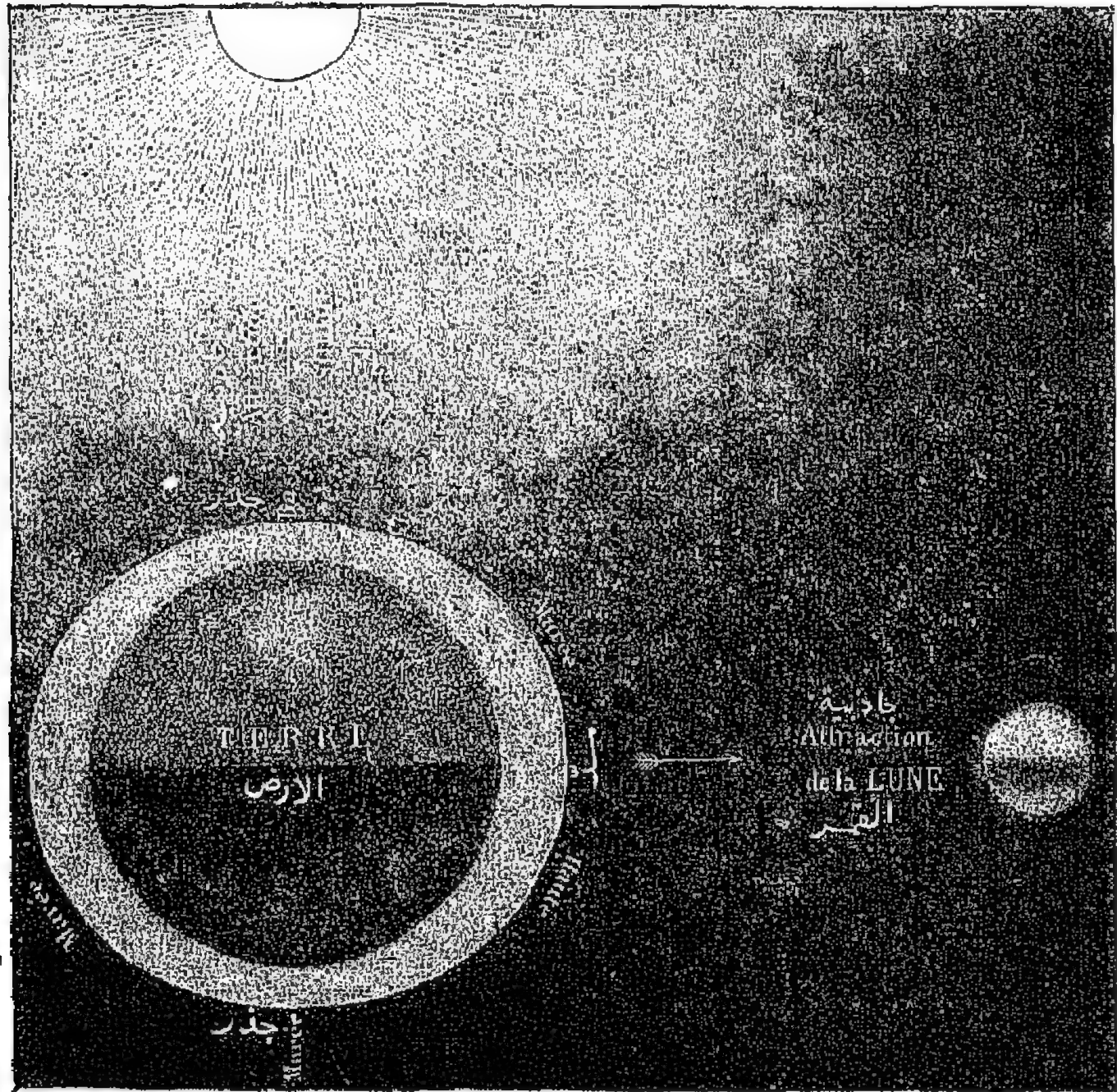
$$\frac{F_s}{d^3} \times \frac{F_m}{d^3} \approx \frac{F_s}{F_m}$$



ش ٨٥

(١) سوف نرى أن الجذب يتغير بالنسبة للمجسم وبالنسبة العكسية لمربع المسافة

والمد الشمسي حينئذ أقل من المد القمري ولما كانت أوقات الظواهر مختلفة فينضم المد الشمسي تارة الى المد القمري وي طرح منه تارة أخرى وحيث ان الكواكب الثلاثة في وقت الاجتماع والاستقبال تكون على خط مستقيم واحد (شكل ٨٥) فينضم التأثيران ويحصل أعظم مد وحيث ان الشمس والقمر وقت التربيع يمران بمستوى الزوال على مسافة زمنية بين هـ و ر يـ ما قدرها ست ساعات فيكون التأثيران متضادين ويحصل أقل مد (شكل ٨٦)



ش ٨٦

وحيث يتبين من القانون السابق أن التأثير يتغير بالنسبة العكسية للكعب بعد مركز الكوكب عن مركز الأرض فصول أعظم مديكون حينما يكون الشمس والقمر في أقرب وضع لهما الى الأرض ولذا يكون المد في المنقلب الشتوي أعظم منه في المنقلب الصيفي

١٨١ - مقرر المين - اذا كانت الأرض مغطاة بأكملها بطبقة من الماء ذات سمك واحد ارتفعت مياه البحر على حسب ما بيناه من القوانين وارتفع أو انخفض البحر في محله وما كان المد والجذر يعينان تيارات قادرة على أن تجذب معها الاجسام العائمة ولكن حيث ان المغطى من الأرض بالماء هو ثلثها فقط فينما يرتفع البحر يمد على الشواطئ القليلة الميل

ويحدث التيار الذي أعطى له اسم مد فالمد يحصل في وسط المحيط وقت عزور الكوكب بمستوى الزوال والامواج الحاصلة منه تتدششياً فشيأشواطياً ويحصل ما يسمى بالبحر العالى في المين بعد ذلك المرور برمن معلوم مثلاً في فرنسا النهاية العظمى والصغرى للمد المركب تحصل بعد كل اجتماع واستقبال أو تربع بقدر ٣٦ ساعة فقط

وأيضاً فإن اقتراب الاراضى يقاوم امتداد الموج وتختلف هذه المقاومة على حسب شكل الجوانب وعمق الماء وبهذا لا تكون لحظة المد واحدة في مئنتين موضوعتين على خط جانبي واحد وذلك هو تأخير آخر ثابت للمينة الواحدة لكنه متغير من مينة الى أخرى وهذا التأخير محسوب بالنسبة لجميع النقط المهمة من الشواطىء ويسمى مقرر المين واهمية مقرر المين تختص بالملاحين الذين لا يمكنهم في الغالب أن يدخلوا مينة أو يخرجوا منها الا في مدة المد في (برست) يحصل المديوم الاجتماع والاستقبال بعد نصف الليل أو نصف النهار بقدر ٤٦^د ٣^س ويكون مقرر المينة هو حينئذ ٤٦^د ٣^س والمقرر المذكور في (شربورج) ٤٨^د ٧^س وفي (هافر) ٥٣^د ٩^س وفي (ديب) ٨^د ١١^س

وحادثة المد والجزر تصير محسوسة في امتداد عظيم جداً من الماء ومع ذلك فإنها تحصل بشدة مختلفة فتكون عظيمة جداً في شواطىء المحيط وضعيفة في مثل البحر المتوسط ومعدومة تقريباً في كثير من البحار مثل بحر البلطيق وبحر الكزبين

الباب السادس في السيارات

الفصل الاول

المجموعة الشمسية

١٨٢ - السيارات عند قدماء الفلكيين - قد كان الاقدمون يسمون الكواكب التي لها حركة خصوصية فيما بين الصور السماوية غير الحركة اليومية للقبعة السماوية بالسيارات فكانت الشمس والقمر عندهم من السيارات وكذلك عطارد والزهر والمريخ والمشتري وزحل والمدارات التي ترسمها هذه الاجرام كانت منسوبة للارض التي كانوا يعتبرونها ثابتة في مركز العالم

وأما اليوم فقد علم أن القمر وحده يدور حول الارض وان الحركة اليومية منسوبة الى الكرة الارضية وليست الى النجوم ولا الى الكرة التي يظهر ان هذه النجوم مرصعة عليها وان مدار الشمس ليس الا ظاهريا وان الارض هي التي تتحرك حول الشمس التي هي بؤرة المجموعة الفلكية وحينئذ تكون الارض كوكبا سيارا وكذلك الزهر وعطارد والمريخ والمشتري وزحل واورانوس ونبتون وكل هذه السيارات تتم دورتها حول الشمس في أزمان غير متساوية وغير متغيرة والسيارات الاخيران أولهما اكتشف في سنة ١٧٨١ والثاني في سنة ١٨٤٦ وفي مبدأ هذا القرن أي التاسع عشر قد وجدوا عددا عظيما من السيارات يظهر انهم مكونة مجموعة خصوصية وتتمايز عن السيارات الاولى المسماة سيارات أصلية باسم سيارات صغيرة أو سيارات تلسكوبية بالنسبة لصغرها ابعادها الحقيقية أو الظاهرية وهي مكونة حلقة كائنة بين المريخ والمشتري

وليست الارض فقط هي التي لها تابع أعني جرم ما يرسم حولها مدارا مشابها للذي ترسمه هي حول الشمس بل من وقت اختراع النظارات علم ان المشتري له أربعة أقمار وكذلك اورانوس وأما زحل فلديه ثمانية أقمار ونبتون واحد والمريخ ثوران

والشمس مع السيارات وتوابع السيارات تسمى المجموعة الشمسية

١٨٣ - ميل المدارات - جهة حركة السيارات - مما سيأتى تعلم القوانين التى على حسبها تتحرك السيارات وهذه الحركات - اصلها فى مستويات مائل بعضها على بعض وعلى الدائرة الكسوفية قليلا . وينتج من ذلك انه برصد السيارات يرى انها لا تتباعد كثيرا فى حركاتها عن منطقة سماوية قليلة العرض تسمى منطقة فلک البروج (١) وقبل اكتشاف السيارات التلسكوبية كان عرض المنطقة المذكورة متبعا من ١٧ الى ١٨ وبعد ان اكتشفت وجد ان مداراتها ذات ميل كبير نوعا الى الدائرة الكسوفية فافتضى ذلك تكبير عرض المنطقة لتكون شاملة لجميع حركات السيارات

وتنتقل السيارات حول الشمس بحركة الارض حولها وهذه الحركات طردية (دعته دلة) أعنى حاصله من الغرب الى الشرق

١٨٤ - الحركة الدورانية للسيارات - قد شوهد بواسطة النظارات على افراص السيارات ما يشابه ما شوهد على قرص الشمس من الكلفات وبذلك علموا ان لكل كوكب حركة دورانية على نفسه حول محورها تتجه في الفراغ غير متغير أو لا يتغير الا تغيرا بطيئا جدا فعطارد والزهرة والمريخ والمشتري وزحل واورانوس هي السيارات التى ثبت دورانها وتعينت مدة الدورة واتجاهها ويحتمل ان قانون الحركة عمومي وصر السيارات الاخرى وعظم بعدها ربا كانا هما المانعان من التحقق من دورانها وجهة جميع الحركات المعلومة الدورانية للسيارات هي عين جهة الحركة الدورانية للارض وجهة الحركات الانتقالية هي عين جهة حركتها الانتقالية

(١) هذه التسمية قديمة وكانت معروفة فى مصر واليونان انها محل السير الظاهري للشمس والسيارات الاصلية على القبة السماوية وقد علموا بالضبط الصور التى تقطعها الشمس فى حركتها السنوية فكانوا قسموا الدائرة الكسوفية ومنطقة فلک البروج الى اثني عشر جزءا متساوية سميت بأسماء الصور المطابقة لها فى ذلك الوقت وترتيبها التى كانت وجدت فيه حينما تتبع حركة الشمس الخصوصية بالابتداء من نقطة الاعتدال الربيعى هو حمل . ثور . جوزا . سرطان . اسد . سنبله . ميزان . عقرب . قوس . جدى . دلو . حوت . لكن من منذ انى سنة قديمة تغير منظر السماء وبسبب تقهقر الاعتدالين لا توجد الآن فى بروج واحدة ومع ذلك فقد حفظ الاثنى عشر جزءا المذكورة أسماءها الاولى ويلزم ان يفهم ان هذه الاجزاء والامات التى سعة كل منها ٣٠ انما تبين الاوضاع المتتالية التى تشغلها الشمس فى مدة سنة

الفصل الثاني

الحركات الخاصة للسيارات - الوقوف - التقهقر - السيارات العليا والسفلى

١٨٥ - التمييز بين السيارات والنجوم - اذا نظرت السيارات الاصلية بالعين العارية رؤى لها منظر نقط مضيئة من أقدار متنوعة وتتنازع النجوم بكونها لا تحتفظ أوضاعا واحدة غير متغيرة تقريبا على القبة السماوية بل تقطع الصور المنطقة في جهات وبسرعة تتغير على حسب أوضاعها بالنسبة للأرض

ونظر السيارات الاصلية وبعض السيارات الصغرى بنظارات عظيمة تظهر على شكل اقراص مضيئة ذات قطريه يمكن تقديره وأما النجوم التي هي متلائية الضوء فانها تظهر كنقط مضيئة قطرها الظاهري صغير جدا بحيث لا يمكن قياسه وبعض السيارات أشكال كالشكال القمر وبالجملة فان ضوء السيارات هادئ ساكن وأما ضوء النجوم فانه متلائي براق

١٨٦ - الحركة المخصوصة للسيارات - يمكن التحقق من الحركة المخصوصة لسيارة بان يتدر في المنطقة معلومة بعده الزاوى عن نجمة مجاورة له ففي ظرف زمن ما يتأكد من ازدياد ذلك البعد أو نقصه وذلك لا يتأنى الا اذا كان للسيارة حركة مخصوصة به غير الحركة اليومية التي يشترك فيها مع جميع الكواكب

فاذا تتبعنا هذا البحث مدة زمن ما علمنا ان الحركة المخصوصة للسيارة أحيانا تكون طردية (١) حاصلة من الغرب الى الشرق وأحيانا تقهقرية من الشرق الى الغرب وأحيانا معدومة ويظهر كأن الكوكب حينئذ واقف

١٨٧ - المدارات الظاهرية للسيارات - لمعرفة خط السير الذى يريه سيار على القبة السماوية تستعمل الطريقة التي تقدمت في تعيين المدار الظاهري للشمس بأن يقاس كل يوم احداثياته في لحظة صرور بمسئوى الزوال أعنى مطلعها المستقيم وميله ثم يعلم على كرة صناعية سماوية او على خريطة سماوية النقطة التي يدل عليها الاحداثيان ويتكرر هذه العملية عدة مرات كافية ثم وصل النقاط المختلفة التي تحصلت بهذه الكيفية بمنحن متصل يتحصل على خط سير السيارة

(١) يقصد بالحركة الطردية الحركة الحاصلة من بين الراصد الموجود على سطح الأرض نحو شماله وبالحركة التقهقرية الحركة الحاصلة من شماله نحو عينه وهذا انما هو لاجل سهولتهم المحركات الظاهرية للسيارات

ويتبع بعد خط السير المذكور قليلا عن الدائرة الكسوفية كما ذكرنا سابقا لكنه يختلف عن المدار الظاهري للشمس بأنه ليس منعكيا مستويا وأنه يظهر في نقط مختلفة من انحراده تعاريج كثيرة التركيب أو قليلا بلته ومدار الشمس هو سوما دائما في جهة واحدة من الغرب إلى الشرق وأمام مدارات السيارات فليست كذلك لأن السيارة بعد أن يتحرك مدة ما في جهة حركة الشمس أعني في الجهة الطردية تأخذ حركته في البطء شيئا فشيئا ثم يقف وبعد ذلك يأخذ حركة متزايدة في جهة عكسية أعني تصبح حركته تقهقرية وتسقر إلى أن يقف بالثاني ثم يأخذ بعد ذلك حركته الطردية وبذلك يكون قد رسم على القبة السماوية أحد التعاريج التي نوهنا عنها وقبل أن نوضح الظواهر التي ذكرناها يلزم تمييز الحركات الظاهرية للسيارات السفلى وهي الكائنة بين الشمس والأرض عن الحركات الظاهرية للسيارات العليا وهي التي بعدها عن الشمس أكبر من بعد الأرض عن الشمس فنأخذ الزهرامثالا للحالة الأولى والمريخ للحالة الثانية

١٨٨ - المدار الظاهري لسيارة سفلى - كوكب الزهر في أثناء أي انتقال من انتقالاته يوجد مرتين له طول يساوي طول الشمس وية ال حينئذ أنه في الاجتماع وحيث أنه لا يكون بعيدا عن الدائرة الكسوفية ففي هذين الوقتين يختفي في الأشعة الشمسية و يصير غير منظور ثم يتبع بعد شيئا فشيئا عن الشمس و يصير منظور في نور الشفق أو الفجر وانه يعتبر أحد الوقتين الذي فيه يتبدى الكوكب بأن يكون مرئيا بعد غروب الشمس في شرقها فالكوكب كان وقتئذ في الاجتماع العلوي ثم يتبع بعد يوم ما في جهة الشرق وتكون حركته على القبة السماوية طردية لكن هذه الحركة تأخذ في البطء شيئا فشيئا إلى أن يصير البعد الزاوي للزهر عن الشمس ٤٨ تقريرا وهو نهاية تباعدها

وسرعته الظاهرية تكون وقتئذ مساوية لسرعة الشمس ثم تناقص وتقترب الزهر شيئا فشيئا من الشمس بدون أن تنقطع حركتها الطردية وحيث أن سرعتها آخذة في التناقص دائما فتوجد لحظة تنعدم فيها السرعة المذكورة وفيها يقف الكوكب على القبة السماوية ثم بعد ذلك تصبح حركته تقهقرية ويعلم ذلك بنقص طوله وتقترب الزهر من الشمس بسرعة متزايدة إلى أن تختفي بالثاني في أشعتها ويكون ذلك هو وقت الاجتماع السفلى وفي جميع تلك المدة لا تبرح موجودة شرق الشمس ومنه ظورة بعد غروبها ومن ثم سماها الاقدمون نجمة الليل

والزهر بعد أيام قليلة من خنثائها تظهر بالثاني صباحا قبل شروق الشمس وتسمى حينئذ نجمة الصبح وتستمر الحركة التقهقرية وتتبع بعد الزهر دائما عن الشمس نحو الغرب وتباعد ما يأخذ في الزيادة إلى أن يبلغ نهاية العظمى التي قدرها ٤٨ تقريرا ثم تصبح حركتها طردية بالثاني

وتدخل مرة أخرى في أشعة الشمس وبذا تكون قد أتمت رجعة مضاعفة كما لا تشرق الشمس ثم غروبها

١٨٩ - الدورة الاقترانية (أو الحركة الدائرية) - الاجتماع السنلي والعلوى -
جميع هذا الزمن يسمى الدورة الاقترانية للسيار والوضعان اللذان يكون طولهما قدر طول الشمس أحدهما الاجتماع العلوى والآخر الاجتماع السنلي وتشاهد الظواهر بعينها بالنسبة لعطارد الذي هو سيار سفلى والفرق ان النهاية العظمى لاتباعه الشرقى أو الغربى ٢٣ فقط ومدة الدورة الاقترانية التي مقدارها الزهرا ٥٨٤ يوما ليست لعطارد سوى ١١٦ يوما والزمن الذي يستعمله السيار من مدة الدورة في الحركة الطردية أكبر من الذي يستعمل في الحركة التقهقرية وبيانه كما في الجدول الآتى

أسماء	حركة طردية	حركة تقهقرية	دورة اقترانية
الزهرا	يوم ٥٤٢	يوم ٤٢	يوم ٥٨٤
عطارد	يوم ٩٥	يوم ٢٥	يوم ١١٦

١٩٠ - المدار الظاهري لسيار علوى - الوقوف والتقهقر - لنختبر الآن الحركة الخاصة لسيار علوى وليكن المريخ

فالمرجح في أثناء دورة من دوراته الاقترانية يوجد مرة في الاجتماع مع الشمس أعنى طولها مساو لطولها ومرة في الاستقبال معها ويكون فرق طوليهما ١٨٠° وفي مدة باقى الحركة يأخذ بعده الزاوى عن الشمس جميع المقادير المحصورة بين ٠° و ١٨٠° وحيث ان هذه الحالة تطبق على جميع السيارات العليا فيرى ان حركاتها الخاصة تختلف عن حركة الزهرا وعطارد اللذين لهما اجتماعان وليس لهما استقبال البتة

ولنتبع المريخ في أثناء إحدى دوراته ونجعل لحظة الاجتماع التي يصير فيها غير منظور هي مبدأ السير فبعد هذه اللحظة يقليل يرى انه يشرق قبل الشمس ويغرب بعدها ويزيد بعده عنها يوما فيوما فيظهر جهة الغرب شيئا فشيئا وإذا اختبر وضعه بالنسبة للنجوم يعلم ان حركته طردية أعنى حاصلة من الغرب الى الشرق لان سرعته الظاهرية أقل من سرعة الشمس التي يظهر انه يتباعد عنها وتتناقص هذه السرعة الى أن يوجد المريخ على بعد ١٣٧° من الشمس ثم تصير

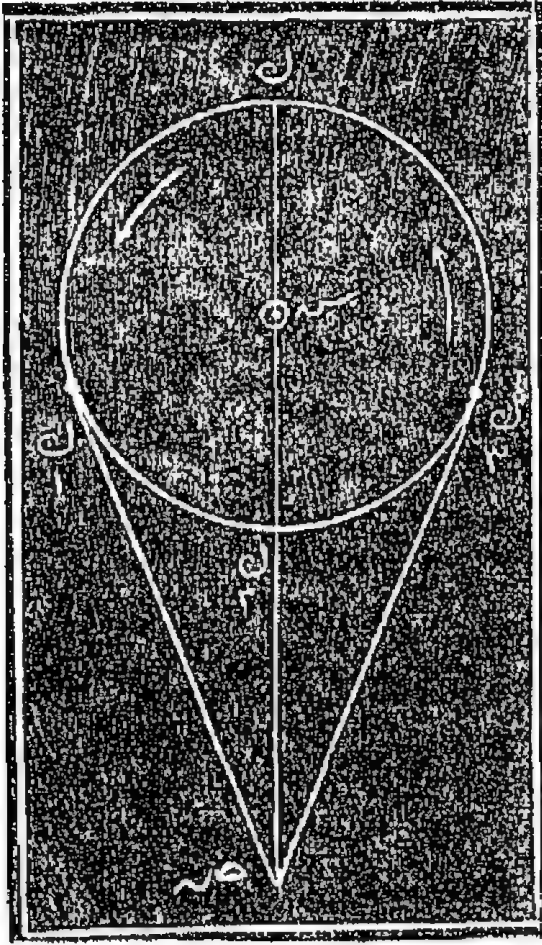
معدومته ويقتف السيار من الزمن ثم يأخذ حركة تقهقرية متزايدة السرعة ويستمر تباعده عن الشمس الى أن يصير بعده الزاوى عنها ١٨٠ وفي هذه اللحظة يكون في الاستقبال وينتج من ذلك أنه يمر بمستوى الزوال في نصف الليل في لحظة مرور الشمس بمستوى الزوال الاسفل وتستمر الحركة التقهقرية لكن بسرعة متناقصة الى اللحظة التي يقف فيها المريخ باثنائي ويكون بعده حينئذ عن الشمس ١٣٧ ثم يأخذ من جديد حركة طردية ويقرب من الشمس التي سرعتها الظاهرية أكبر من سرعته واخيرا يصير في الاجتماع أعنى في نفس وضعه بالنسبة للشمس وللارض مثل ما كان في مبدأ سيره والمدة الكلية تكون الدورة الاقترانية وتحتوى على ٧٨٠ يوما منها ٧٣ لقطع القوس التقهقرى و ٧٠٧ تختص بالحركة الطردية

١٩١ - الدورات الاقترانية للسيارة العليا - حركات باقى السيارات العليا مشابهة لحركة المريخ فلها اجتماع واستقبال ووقوفان وحركة طردية وأخرى تقهقرية لكن مدد دوراتها الاقترانية مختلفة كما يتبين من الجدول الآتى

أسماء	دورة اقترانية	حركة طردية	حركة تقهقرية
المريخ	يوم ٧٨٠	يوم ٧٠٧	يوم ٧٠٣
المشتري	٣٩٩	٢٧٨	١٢١
زحل	٣٧٨	٢٣٩	١٣٩
أورانوس	٣٦٦	٢١٧	١٥٢
نبتون	٣٦٧

١٩٢ - ايضاح الحركات الظاهرية للسيارات السفلى - لا يوضح الحركات الخاصة الظاهرية لسيارة سفلى نفرض ان سه هي الشمس وان ك و ل و م ... (شكل ٨٧) المدار القريب من الدائرة الذي ترسمه الزهرة حول الشمس في ٢٢٥ يوما تقريرا ونصرف النظر عن ميل هذا المدار على الدائرة الكسوفية وما ل ذلك عدم اعتبار غير الحركات في الطول ففي الاجتماع السفلى تكون الزهرة في ل بين الشمس والارض على خط مستقيم ما بينهما فاذا بقيت الارض ثابتة ودارت الزهرة من الغرب نحو الشرق في جهة السهم يظهر في مبدأ الامر للراصد الموجود على سطح الكرة الارضية انها تتباعد عن الشمس لكن حيث ان الاقواس التي ترسمها تشهد اخذة في الميل شيئا فشيئا فان سرعتها النابتة تقريرا تظهر متناقصة شيئا فشيئا الى

ان تصل الى نقطة لـ التي فيها يصير الشعاع البصري صـ لـ مما سالا مدار و يظهر ان سرعتها في هذه النقطة معدومة والقوس لـ لـ المرسوم من شمال الراصد نحو عينه يكون تقهقريا

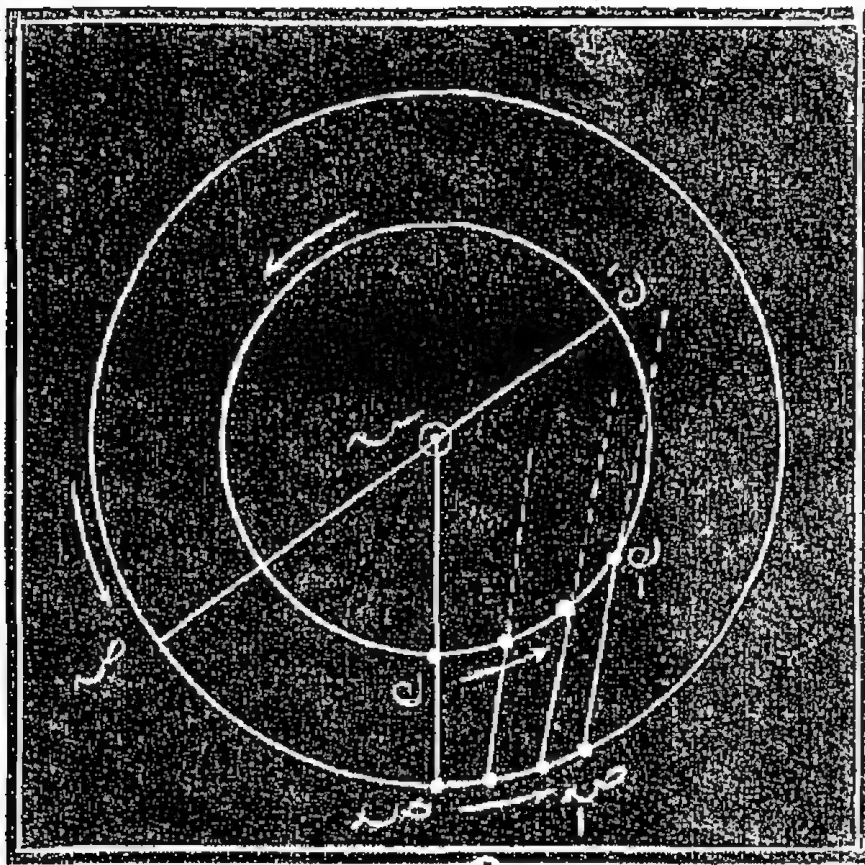


ش ٨٧

ومن لـ الى كـ تظهر حركتها طردية وسرعتها الظاهرية تتزايد الى ان تصل كـ التي فيها تبلغ نهايتها العظمى ووقتئذ يوجد السيار بالثاني على خط مستقيم واحد مع الشمس والارض و يصير في الاجتماع العلوى لوجوده فوق الشمس ومن كـ الى لـ تسقط الحركة طردية والسرعة تتناقص وفي لـ تقف الزهرة مرة ثانية ثم من لـ الى الاجتماع الثاني في لـ تكون الحركة تقهقرية وتأخذ السرعة في الازدياد وتبلغ نهايتها العظمى في هذه النقطة الاخيرة

وتلك هي حالة حركة السيارات السفلى باعتبار الارض ثابتة واما على اعتبارها متحركة فـ نبينه

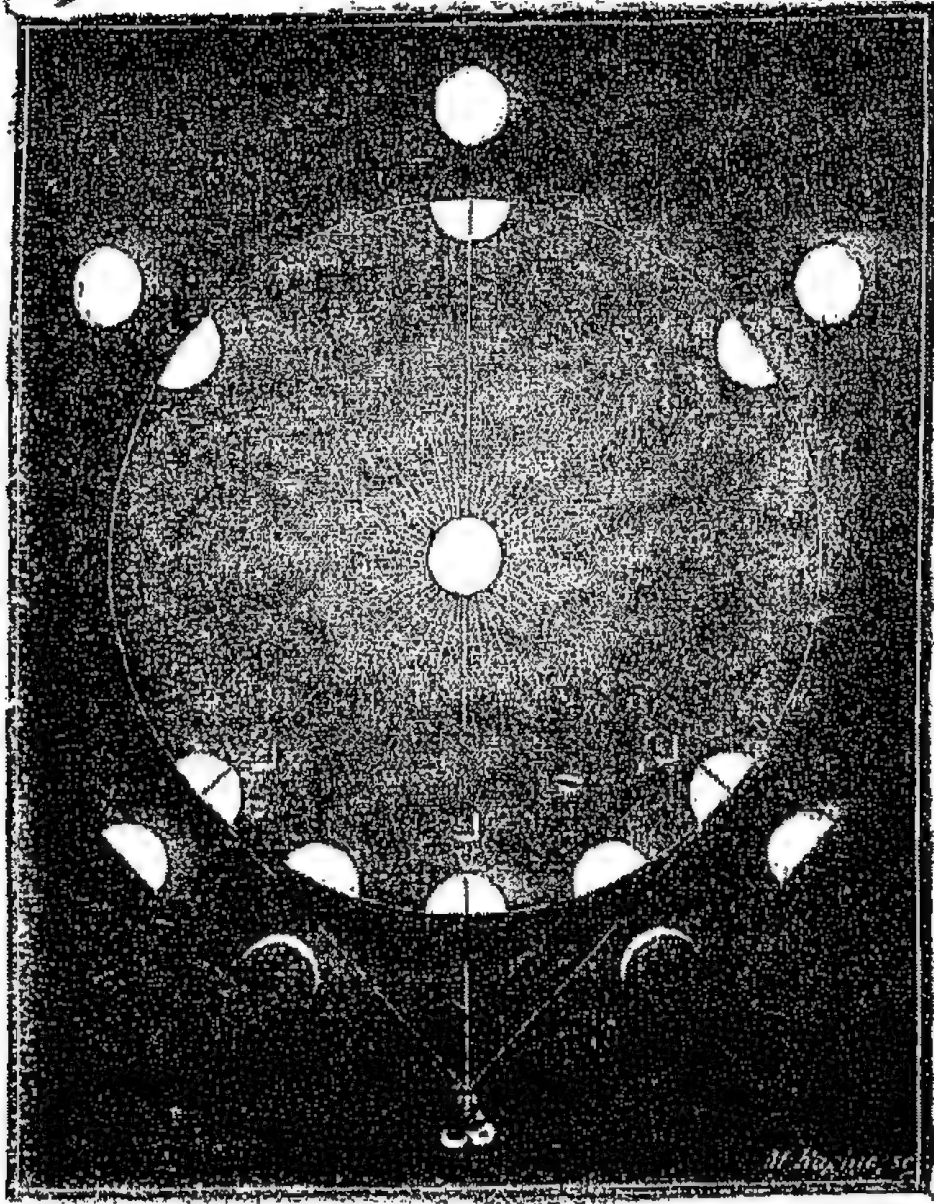
١٩٣ - وقوف وتقهقر سيار سفلى - تتحرك الارض في فلكها في جهة حركة الزهرة في فلكها بسرعة أقل من سرعة الزهرة والقوس الذي ترسمه الكرة الارضية في يوم أقل في المقدار الزاوى وفي المقدار المطلق من القوس الذي ترسمه الزهرة في الزمن بعينه والشعاع البصري يظهر الزهرة حينئذ غربي الشمس دائما على بعد منها أقل منه لو بقيت الارض ثابتة وحيث ان سرعة الارض أقل من سرعة الزهرة اذا تباعد الزهرة عن الشمس دائما وبسبب حركة الارض



ش ٨٨

يصل السيار الى نهاية تباعده عن الشمس متأخرا وهي النهاية التي يظهر أنه واقف فيها ويكون ذلك حينما يصير الشعاع البصري متوازية نحو الاوضاع صـ لـ (شكل ٨٨) للكوكبين وبهذا السبب بعينه يصير وقت الاجتماع العلوى ووقت الوقوف الذي يتبعه متأخرين لكن جهة الحركة والبعد المتغير للسيار عن الشمس يحفظان الطواهر بعينها كمن يفرض عدم تحرك الارض

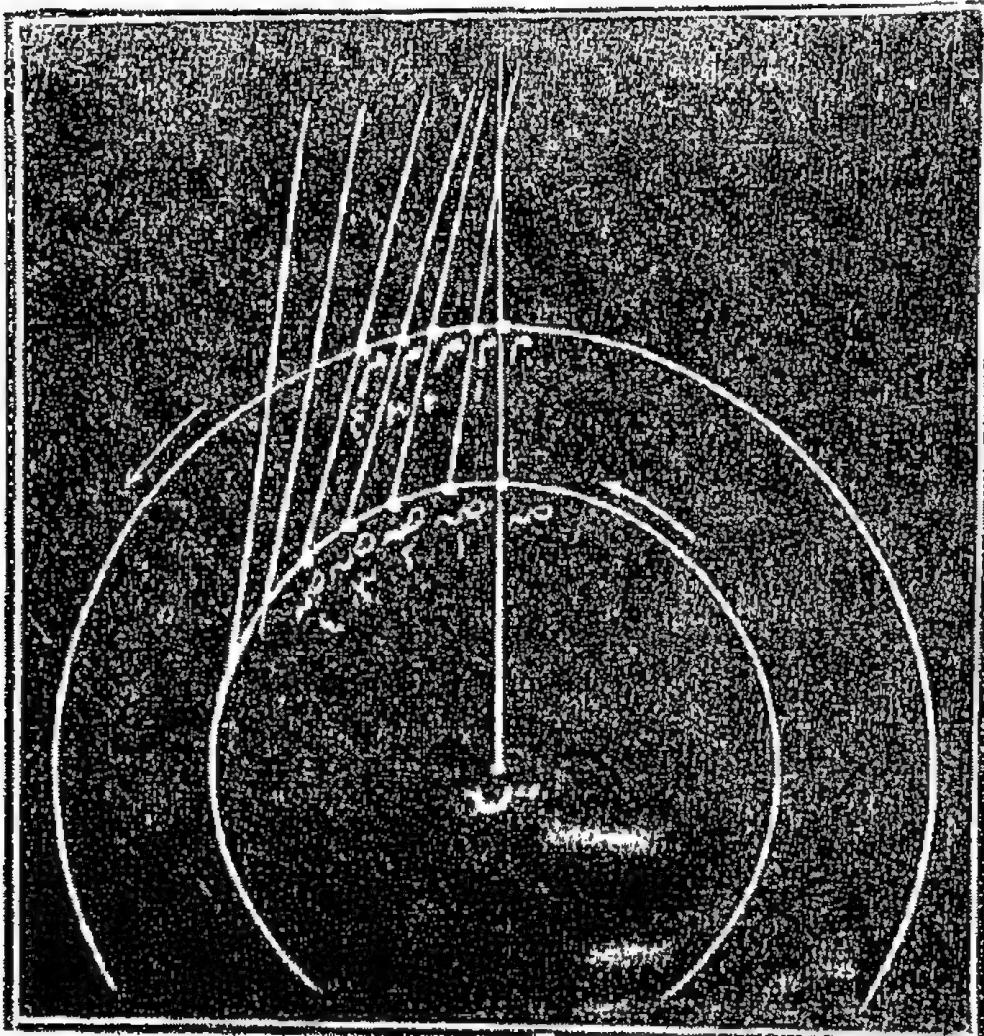
١٩٤ - أشكال السيارات السفلى - اذا نظر الى هذه السيارات بنظارات ظاهرت



ش ٨٦

ذات أشكال كشكال القمر وذلك
انه حينما يكون السيار في الاجتماع
السفلى في ك (شكل ٨٩) يوجه
نحو الارض نصف كرهه المظلم ويصير
غير منظور واذالم يكن عرضه صغيرا
جدا لا ينسقط على قرص الشمس
على شكل بقعة سوداء مستديرة وفي
وقت التري عين أو في النهاية العظمى
لتباعده في ك يوجه السيار
نحو الارض نصف كرهه مستدير
ونصفها الآخر مظلم وفي الاجتماع
العالى يصير قرصا تاما مستديرا الا
اذا مرت الزهر خلف قرص الشمس

١٩٥ - وتوفات وتقهقرات سيار علوى - لناخذ المريخ مثلا ونجعل نقطة لابتداء

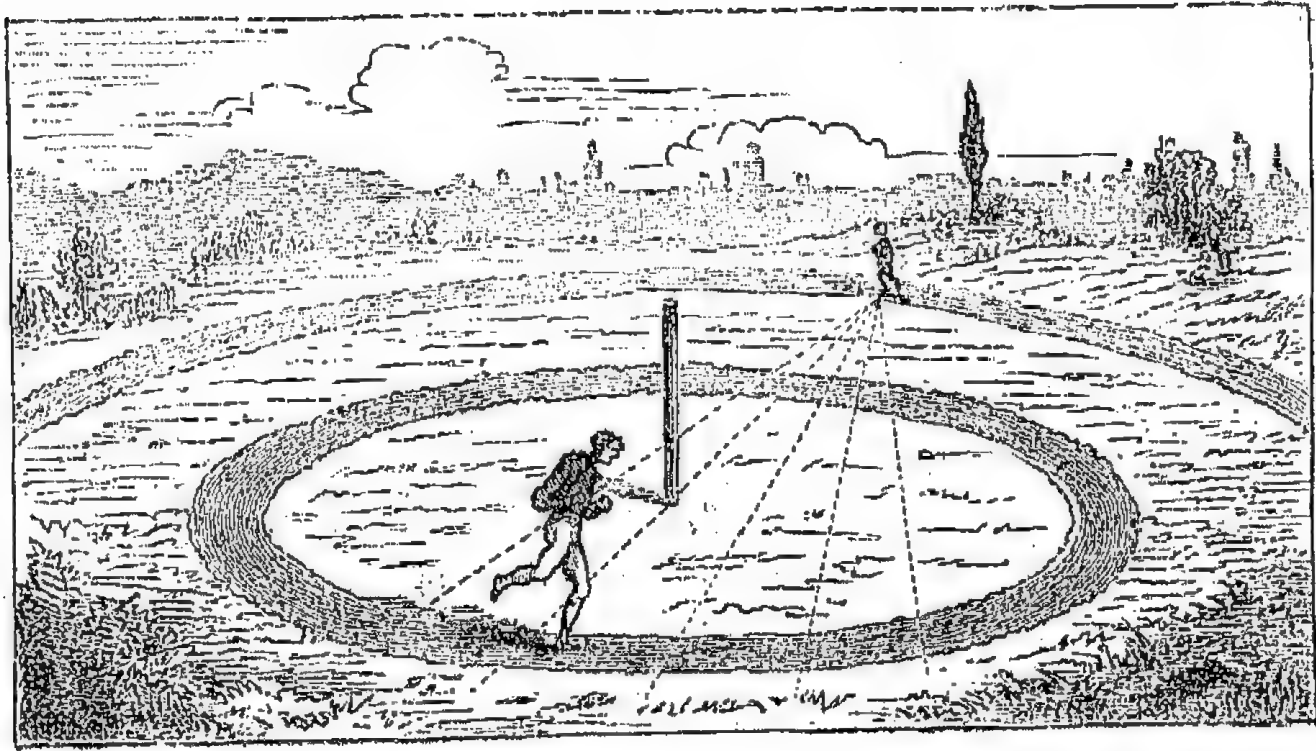


ش ٩٠

لحظة الاستقبال ففيها تكون
الارض في ص (شكل ٩٠)
بين الشمس والمريخ على المستقيم
الواصل بينهما والمريخ منظور من
الارض ينسقط على نقطة ما من
القبة السماوية والمريخ والارض
في مدة الايام التي تلي الاستقبال
يرسمان على مداريهما أقواسا
ص ص و ص ص و ...
م م و م م ... في جهة واحدة
من اليمين الى اليسار أو من الغرب

الى الشرق لكن الاقواس التي يرسمها المريخ أقصر من التي ترسمها الارض بحيث ان الاشعة

البصرية $\text{صم} \text{ و } \text{صم}$ المارة على النوالى بالسيارين تقابل القبة السماوية في نقطة موضوعة على يمين الوضع الاصلى للمريخ ويظهر السيار كأنه يتجهت في السماء مع ان سيره الحقيقى على مداره طردى وباسم قرار حركته السيارين تتناقص سرعة الحركة الظاهرية التقهقرية حتى تنعدم وتصبح الاشعة البصرية $\text{صم} \text{ و } \text{صم}$ متوازية وتقابل السماء في نقطة واحدة مدة أيام قلائل ويظهر المريخ كأنه واقف وحيث ان الاقواس المرسومة بالسيارين قبل وبعد لحظة الاستقبال متساوية بالنسبة للخط صم الواصل بينهما فاذا حصل وقوف بعد الاستقبال برز من ما بسبب حركتى السيار والارض معا حصل وقوف قبله وباسم قرار حركتى الارض والمريخ في فلكهم ما تتباعد الاشعة البصرية الواصله بينهما بالثاني ولكن في جهة عكسية بحيث ان وضع المريخ بالنسبة للنجوم يتغير شيئا فشيئا بسرعة وتصير الحركة طردية وتزايد سرعتها الى الاجتماع



ش ٩١

ويمكن بيان وقوفات وتقهقرات السيارات بعملية بسيطة جدا وهي ان يغرس قائم ما في فضاء متسع على ارض مستوية ويفرض هذا القائم الثابت هو الشمس وان شخصا يجري حول هذا القائم ويرسم دائرة من اليمين الى اليسار بسرعة منتظمة (شكل ٩١) فالراصد الموجود خارج هذه الدائرة على بعد ما منه يرى رفيقه تارة امام القائم واخرى خلفه على حسب رسمه أحد نصفي الدائرة ففي الحالة الاولى يظهر انه يدور من اليسار الى اليمين وفي الحالة الثانية من اليمين الى اليسار ويظهر له ان سرعته أعظم ما يكون في لحظة وجوده على خط مستقيم مع القائم وتصير معدومة في اللحظتين اللتين يظهر فيه ما ان جهة دورانه قد تغيرت فادافرض ان الراصد يسير في نفس الجهة على الدائرة الكبرى الموجود هو عاين بسرعة أقل من سرعة الشخص

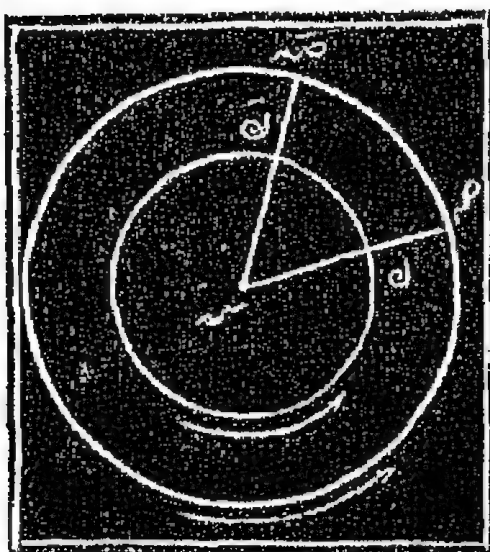
الآخر فان الظواهر تبقى بذاتها أعني يحصل دائماً وقوفات وتقهقرات لكن مددها تستمر زمناً أطول وأيضاً فان القام نفسه يظهر انه يدور حول الافق وتلك هي حالة سيار سفلى وبمعكس الترتيب يجعل الراصد محل الشخص الذي يسير على الدائرة الصغرى يدل الراصد على الارض وحركة الشخص الآخر تدل على حركة سيار علوى

الفصل الثالث

قوانين (كبلير) - قاعدة الجذب العام

١٩٦ - الدورة النجمية لسيار - قد علم مما تقدم ان الدورة الاقترانية لسيار هي المدة التي تمضي بين رجوعين متواليين له لوضع واحد بالنسبة للشمس كرجوعه الى اجتماع واحد مثلاً ان كان السيار سفلياً أو الى استقبال أو اجتماع اذا كان السيار علوياً وقد ذكرنا مدد الدورات الاقترانية للسيارات الاصلية أما الدورة النجمية فهي الزمن الذي يصرفه السيار في قطع مداره حول الشمس فاذا مد من مركز الشمس الى السيار خط مستقيم أو نصف قطر بوري فان هذا الخط يقابل الكرة السماوية في نقطة معينة أو في نقطة معلومة فرجوع نصف القطر البوري الى نفس النجمة يعين انتهاء الدورة النجمية

ومدة الدورة النجمية تستنتج من مدة الدورة الاقترانية ونفرض أولاً سياراً سفلياً ثم نفرض لاجل السهولة ان مستوي مداري السيار والارض منطبقان وان خطوط السير مستديرة وهو فرض يكاد أن لا يؤثر على النتائج المتحصلة وليكن L و S (شكل ٩٢) وضعي الكوكب والارض في لحظة اجتماع فالسيار الاقرب الى الشمس من الارض يتحرك بسرعة



ش ٩٢

أكبر من سرعتها وبناء عليه يتم دورته النجمية قبل الارض وحينئذ يرجع السيار الى L لا تكون الارض قد قطعت الاجزاء من خط سيرها ويلزم حينئذ زمن ليحصل الاجتماع مرة ثانية وليكن L' و S' وضعي السيار والارض في الاجتماع التالي فنصف القطر البوري للسيار يكون قد رسم $360^\circ + L'S'$ وأما نصف القطر البوري للارض فلم يرسم سوى الزاوية $S'S$ وحينئذ اذا كان S مدة الدورة النجمية

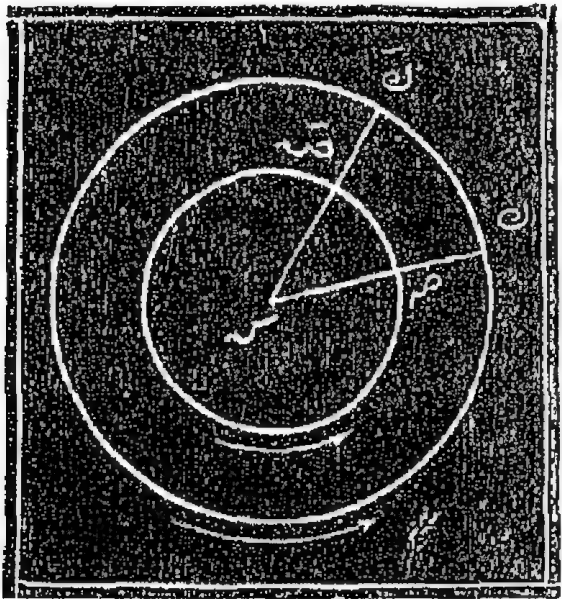
للارض و N مدة الدورة الاقترانية للسيار و S مدة دورته النجمية يتحصل بداهة

$$زاوية \text{ } S'S = \frac{360 \times N}{S}$$

وبالتبعية

$$\frac{v}{\frac{v}{r} + 1} = s \quad \text{ومن ثم} \quad \frac{360}{\frac{v \times 360}{r} + 360} = \frac{s}{v}$$

فإذا كان السيار علويًا تكون سرعته الزاوية أقل من السرعة الزاوية للأرض بحيث أن الأرض تتم دورتها النجمية قبل السيار ومن استقبال إلى الاستقبال التالي له يقطع نصف القطر البورى للأرض $360^\circ + s$ وأما نصف القطر البورى للسيار فلا يرسم الزاوية s له (شكل ٩٣) ويعوجب فاسبق مع بقاء الرموز كما هي يحدث



ش ٩٣

$$s - \frac{v \times 360}{r} = 360$$

$$\frac{360}{360 - \frac{v \times 360}{r}} = \frac{s}{v}$$

ومن ثم

$$\frac{v}{1 - \frac{v}{r}} = s$$

١٩٧ - قوانين (كبلير) - الغرض منها - حيث علمت مدد الدورات النجمية للسيارات وأن الشمس هي المركز المشترك بين مداراتهم يبقى سوى تعيين الشكل الهندسي للمدارات المذكورة المستخرج من تغير بعد كل كوكب عن الشمس وتعيين قانون السرعة التي تتحرك بها السيارات مدة كل دورة من دوراتها والنسبة الموجودة بين مدد الدورات النجمية وأبعاد المدارات و (كبلير) هو الذي اكتشف القوانين التي تستلزمها حركات السيارات وهي ثلاثة

القانون الأول - شكل مدارات السيارات - جميع السيارات ترسم حول الشمس في جهة واحدة منحنيات مقعلة مستديرة تقريبا مستويا لها ماثل بعضها على بعض قليلا والقانون الأول يختص بشكل المدارات ونصه أن مدار كل سيار قطع ناقص تشغل الشمس إحدى بؤرتيه

وقد علم فيما سبق أن ذلك هو شكل مدار الأرض المعين بتغيرات بعدها عن الشمس أو بالتغيرات التي تحصل للقطر الظاهري للشمس في مدة سنة

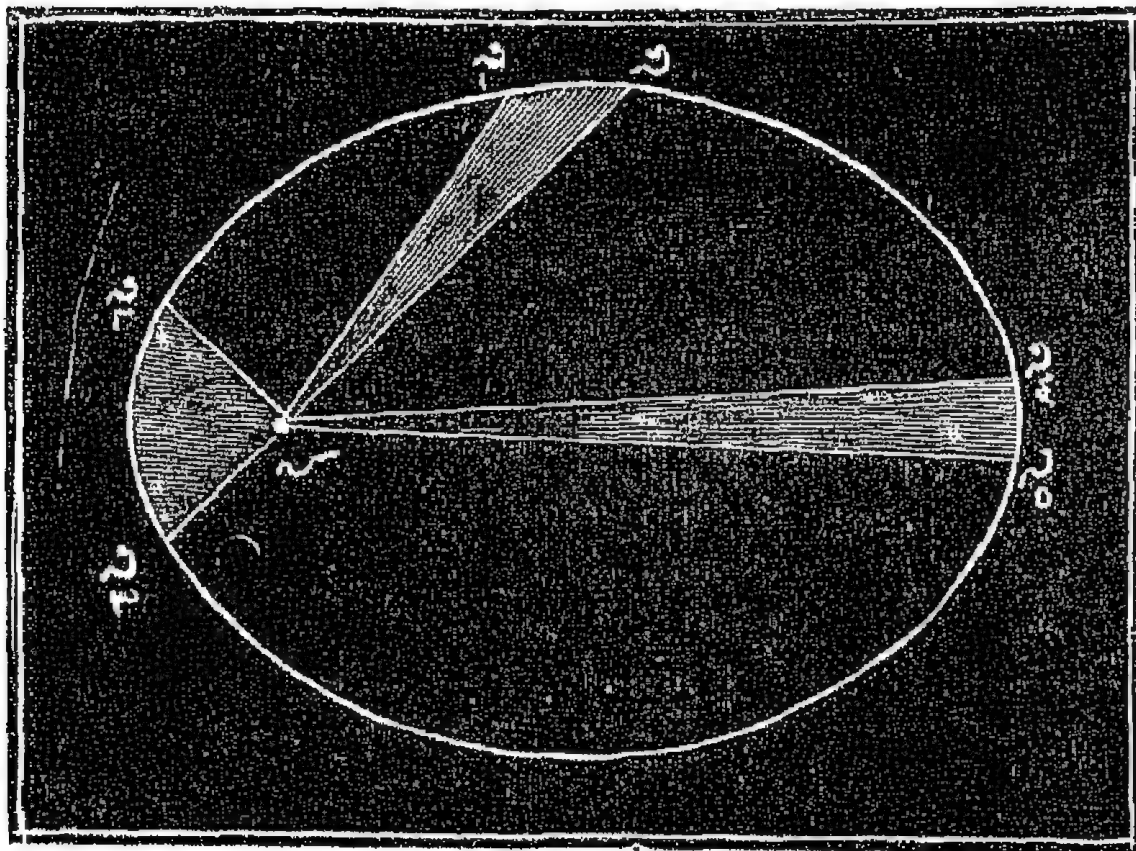
وشكل القطع الناقص يتعلق باختلاف المركز وهو النسبة بين بعد مركز المنحنى عن بؤرته وبين نصف المحور الأكبر وتكبر استطالة القطع الناقص كلما كبرت هذه النسبة ويقرب من

الدائرة كلما صغرت فمدارات الزهور ونبتون والارض هي تقريبا مستديرة وأما عطارد وجملة من السيارات الصغرى فاختلاف مركز مداراتها عظيم

وينتج بداهة من القانون الاول من قوانين (كبلير) ان بعد سيار عن الشمس يتغير دائما في مدة دورة وان هذا البعد يأخذ جميع المقادير المحصورة بين مقاديرين نهايتين مطابقين لوضعين يشغلهما السيار حينما يوجد في طرفي المحور الاكبر للمدار ويسمى الوضعان المذكوران الرأس والذنب والبعد المتوسط هو المساوي نصف المحور الاكبر للقطع الناقص

١٩٨ - القانون الثاني - قانون المساحات - المساحات المرسومة بانصاف الاقطار البورية لسيار حول البورة الشمسية مناسبة للزمن المستعمل لقطعها

وبيان ذلك انه اذا فرضنا جملة أقواس مقطوعة بسيار ما في أزمان متساوية وذلك في أوقات مختلفة مثل الاقواس $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{8}$ (شكل ٩٤) فحيث ان سرعة السيار متغيرة غير منتظمة تكون أطوال الطرق الثلاث المقطوعة ليست متساوية أما المثلثات التي



هي مثل $\frac{1}{2}$ و $\frac{1}{4}$ و $\frac{1}{8}$ التي قواعدها مرسومة في أزمان متساوية فانها تكون متكافئة وعليه فاذا صارت المدد الضعف أو ثلاثة الامثال أو الخ فان مسايح المثلثات المتكونة بانصاف الاقطار البورية تصير الضعف أو ثلاثة الامثال أو الخ

وينتج من هذا القانون ان الاقواس المرسومة في أزمنة متساوية تكون صغيرة كلما كان السيار بعيدا عن الشمس وتكون كبيرة كلما كان قريبا منها وبعبارة أخرى ان سرعة السيار تزداد بنقص بعده عن البورة وتكون في نهايتها الصغرى في الذنب وفي نهايتها العظمى في الرأس والقانونان السابقان لا يطبقان على مدارات السيارات الاصلية فقط بل وعلى مدارات التوابع فالمدار الذي يرسمه القمر حول الارض باعتبارها ثابتة هو قطع ناقص تشغل الارض احدي بورتيه ويرسمه بسرعة بحيث اذا قسم مداره الى أجزاء مرسومة في أزمنة

متساوية فإن جميع المثلثات المتكوّنة من انصاف الاقطار البورية القمرية في هذه الاوضاع المختلفة تكون متكافئة

١٩٩ - القانون الثالث - مربعات مدد دورات السيارات حول الشمس مناسبة لمكعبات ابعادها المتوسطة عنها أول مكعبات المحاور الكبرى لمداراتها فإذا كان a و a' و a'' و a''' مقادير المحاور الكبرى لمدارات السيارات s و s' و s'' و s''' ... مدد دوراتهم النجمية فإن القانون الثالث المذكور يبين بهذه الصورة

$$\frac{a^2}{a'^2} = \frac{a''^2}{a'''^2} = \frac{s^2}{s'^2} = \frac{s''^2}{s'''^2}$$

و k عدد ثابت مقداره 133400 تقريباً إذا أخذ البعد المتوسط للأرض عن الشمس وحدة للأبعاد واليوم الوسطى وحدة للزمن وبواسطة القانون المذكور يكفي معرفة مدد دورات السيارات لتستخرج منها ابعادها المتوسطة عن الشمس أو مقادير محاورها الكبرى منسوبة إلى أحدها المأخوذ وحدة فاما مدد الدورات النجمية للسيارات الاصلية فمبينة بأيام وسطية أو بسنين نجمية أرضية فهي

أسماء السيارات	عدد الايام	أسماء السيارات	عدد الايام
عطارد	٨٧,٩٦٩	المشتري	٤٣٣٢,٥٨٥
الزهرا	٢٢٤,٧٠١	زحل	١٠٧٥٩,٢٢٠
الأرض	٣٦٥,٢٥٦	اورانوس	٣٠٦٨٦,٨٢١
المريخ	٦٨٦,٩٨٠	نبتون	٦٠١٢٦,٧٢٠

وأما الابعاد المتوسطة لها عن الشمس بدلالة البعد المتوسط للأرض عنها المأخوذ وحدة فهي

أسماء السيارات	بعد متوسط	أسماء السيارات	بعد متوسط
عطارد	٠,٣٨٧	المشتري	٥,٢٠٣
الزهرا	٠,٧٢٣	زحل	٩,٥٣٩
الأرض	١,٠٠٠	اورانوس	١٩,١٨٣
المريخ	١,٥٢٤	نبتون	٣٠,٠٥٥

٣٠٠ - قاعدة الجذب العام - قد ظهر (نوتون) بعد (كبلير) وبين ان القوانين الثلاثة المتقدمة ناجمة بالطبع من قاعدة الجذب العام

فالجذب العام أو الجذب هو قوة تنقادها جميع الاجسام السماوية وتتأثر بها والتأثر في سطح الارض ليس الانواع منها

وقد استنتج (نوتون) من قاعدة القصور الذاتي للمادة التي تستلزم كون حركة الجسم المطلق بالضرورة مستقيمة منتظمة ان السيارات التي حركاتها ليست منتظمة ولا مستقيمة يجب ان تكون متأثرة بقوة خارجية وأثبت بثاني قوانين (كبلير) ان القوة الحافظة للسيارات في أفلاكها لا بد وان تتجه نحو الشمس واستنتج أيضا من القانون الاول ان القوة المذكورة تختلف شدتها في نقط القطع الناقص وانها مناسبة لعكس مربعات ابعاد السيارة عن بؤرة الجذب وبمقارنة القوى المركزية التي تحفظ السيارات في مداراتها المتناظرة بعضها ببعض يعلم ان قانون التغير العكسي لمربع الابعاد جار في سائر السيارات وأيضا القانون الثالث أظهر (لنوتون) ان هذه القوى مناسبة لجسمات الاجسام الواقعة هي عليها

وقد تلخص (نوتون) كل ما اكتشفه من قوانين (كبلير) وقال بقاعدة الجذب العام ونصه «جميع أجزاء المادة يجذب بعضها الى بعض بقوة مناسبة طرد انجسماتها وعكس المربعات ابعاد بعضها عن بعض» فاذا فرض بحرف γ للقوة التي بها وحدة الجسم تؤثر على وحدة الجسم في وحدة البعد فقدر الجذب بين جرمين سماويين كالشمس وسيارة مثلا جسمهما M و m وبعدهما r يكون مبينا بالمقدار $\frac{\gamma M m}{r^2}$

وحركات التوابع حول سياراتها وحركات ذوات الازناب حول الشمس تجري فيها قوانين (كبلير) وكذلك قانون الجذب العام

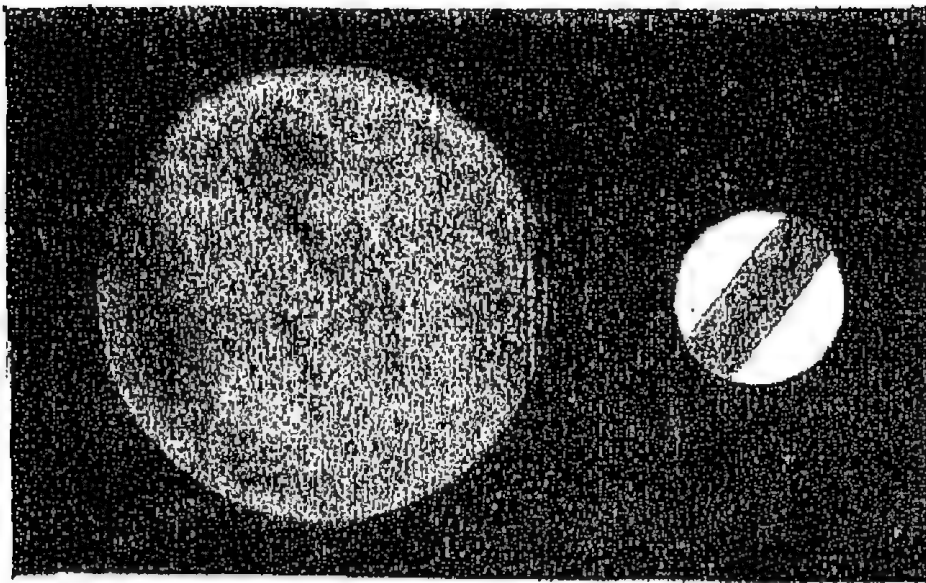
الفصل الرابع

وصف السيارات الاصلية

٣٠١ - عطارد - عطارد هو أقرب السيارات الى الشمس ويتم دورته حوله في ٨٨ يوما وسطيا تقريبيا وبعد المتوسط عنها المساوي $\frac{1}{3}$ البعد المتوسط للارض عنها (٣٨٧ كم) هو تقريبا ٥٧ مليون كيلومترا واختلاف مركز مداره هو ٢٠٦ كم فهو أكثر مدارات السيارات استطالة

وإذا نظرت الشمس من عطارد وهو في بعده المتوسط عنها تظهر أكبر مما لو نظرت من الأرض سبع مرات ويستنتج من ذلك أن شدة ضوئها وحرارتها تكون فيها أعظم مما في الأرض سبع مرات

وعطارد في وقت الاجتماع السفلي كثيراً ما يمر أمام قرص الشمس وينسقط على شكل بقعة صغيرة مستديرة ولذا اتخذت هذه البقعة لقياس قطره الظاهري ولتأكد من شكله واستخرجت من هذه الأقيسة أبعاده



الحقيقية وتخطيطه و (شكل ٩٥) يبين نسبته إلى الأرض

فهو كروي كالأرض وتخطيطه ضعيف تخطيطها تقريباً وقدره $\frac{1}{10}$ ويجعل نصف قطر الأرض وحدة يكون تخطيطه ٢٣٧٠ كيلومتراً تقريباً

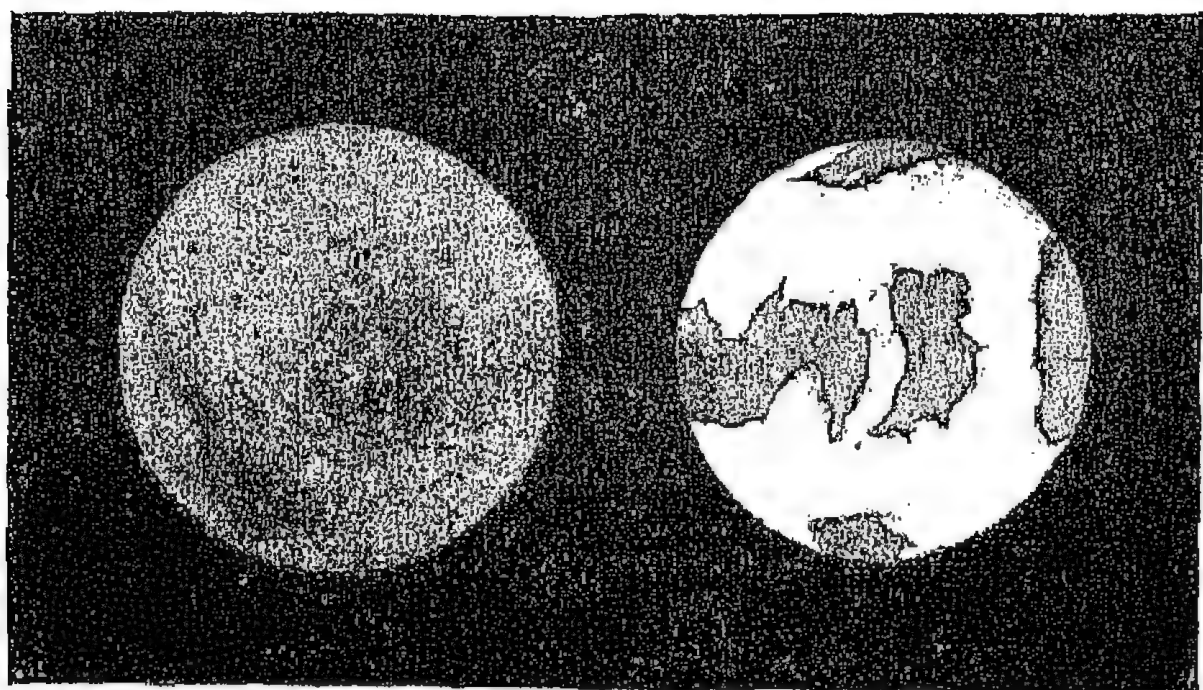
ش ٩٥ عطارد والأرض

وحجم عطارد يعادل ٠.٠٥٢ من حجم الأرض ويدور عطارد حول نفسه ومدة الدورة $٥ \frac{3}{4}$ وإذا نظرت بالنظارات ظهرت له أشكال كالقمر والمحور الذي يدور حوله مائل جداً على مستوى فلكه وينتج عن ذلك تغيرات عظيمة في المدد المتتابعة لليل والنهار وفي حرارة الفصول والفلكي (اسكروتر) لما رصد أحد مرورات عطارد في ٧ مارس سنة ١٧٩٩ زعم أنه رأى على قرصه الأسود نقطة مضيئة فإن صح هذا الرصد استنتج منه وجود براكين على سطحه في حالة التباب واكتشف أيضاً وجود جبال فيه وقدر ارتفاع أشخها ووجدته $\frac{1}{136}$ من نصف قطره

٣٠٣ - الزهرا - (شكل ٩٦) تدور الزهرا في فلك مستوٍ تقريباً على بعد من الشمس يقرب من ١.٠٧ مليون كيلومتراً وبعدها وهي في الرأس وفي الذنب يختلفان عن بعضهما بقدر ١٥٠٠٠٠ كيلومتراً وقرص الشمس منظوراً من الزهراً أكبر مما نراه من الأرض مرتين تقريباً ويكون حينئذ ضوؤها وحرارتها على الزهرا ضعفهما على الأرض

ويتغير القطر الظاهري للزهرا كثيراً لأن أبعادها عن الأرض متغيرة كثيراً أيضاً وأما الأبعاد الحقيقية لها فأنها قريبة جداً من أبعاد الأرض فنصف قطر الزهرا يساوي ٩٩٠٠ تقريباً من نصف قطر خط الاستواء الأرضي ومقداره ٦٥٧٢ كيلومتراً وحجمها يساوي ٩٧٥٠ من حجم الأرض المأخوذ وحدة ولم يمكن قياس تخطيط كرتها لأن التشعيع الحادث من ضياء نورها يصعب الأقيسة جداً وبرصد بعض كافات من قرصها علم أن لها حركة

دورانية حول محورها ٢٣٨ أيام وع ميل محور الدوران على مستوى فلكها بقدر ٥° وهو أكبر من ميل محور الأرض ويلزم من ذلك حصول تغيرات عظيمة في مدد الأيام والليالي وفي الفصول



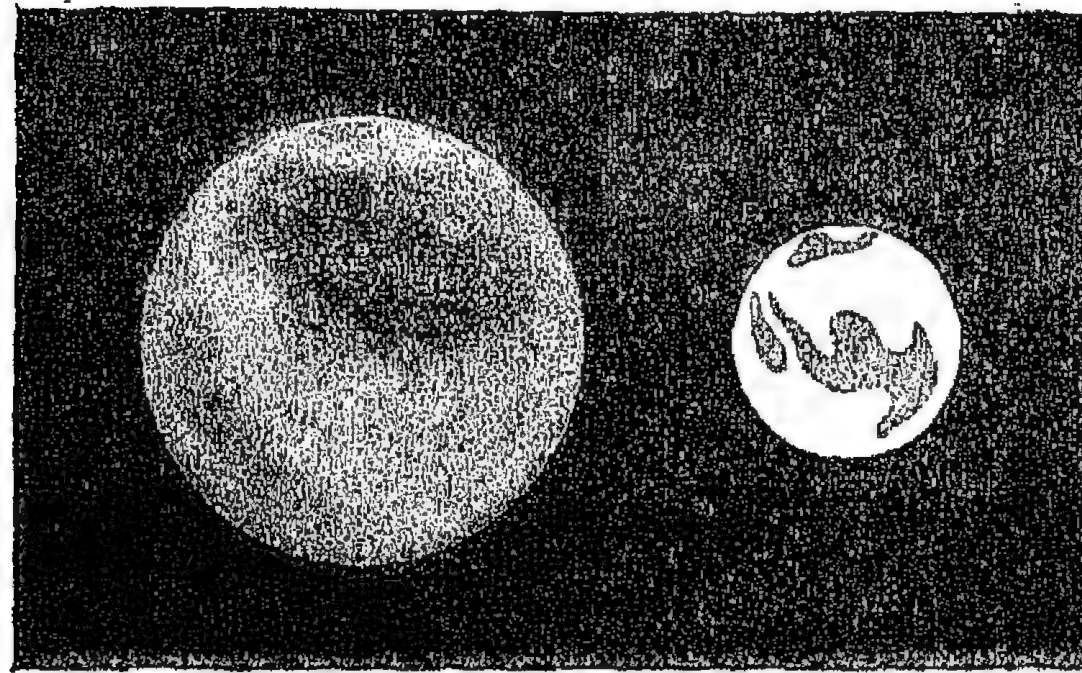
ش ٩٦ الزهرا والأرض

وتعبر الزهرا كعطار على قرص الشمس في بعض اجتماعات السفلى وهذه المرورات المشهورة عند الفلكيين حيث انها مستعملة لقياس اختلاف منظر الشمس أندركثير من مرورات عطارد فلا يحصل الا مرتين في القرن تقريبا وآخر هو ورين صار رصد هما أحدهما كان في ٨ ديسمبر سنة ١٨٧٤ والاخر في ٦ ديسمبر سنة ١٨٨٢ ولا يحدث غيرهما قبل سنة ٢٠٠٤ وفي مرورة سنة ١٧٦١ ظهر قرصها الاسود محاطا بحلقة سحابة وكذلك حينما كان جزء منها على الشمس والجزء الآخر خارجا رؤى حلقة مضيئة على دائرة القوس الخارج ومن هاتين المشاهدتين قالوا بوجود جو سميك حول كرتها وعدم انتظام الخط الفاصل بين الظل والنور في أشكال الزهرا قد أدى الى فرض انها ذات جبال شاهقة في الارتفاع ويظن أن بعضها يصل ٤٤ كيلومترا

٣٠٣ - المريخ (شكل ٩٧) - السيار الذي يلي الزهرا بالنسبة للشمس هو الأرض وقد سبق الكلام عليها والذي يليها هو المريخ وبعده المتوسط عن الشمس قدر بعد الأرض عنها مرة ونصف ومقداره ٢٢٥ مليون كيلومترا تقريبا ومقدار بعده في الرأس ٢٤٦ مليون كيلومترا وفي الذنب ٢٠٣ مليون كيلومترا واختلاف مداره ٩٣ ر. قدر اختلاف مدار الأرض ست مرات تقريبا

وبعد المريخ عن الأرض يتغير كثيرا ويتأكد من ذلك برصد قطره الظاهري بواسطة التلسكوب ففي لحظة الاستقبال يكون هذا القطر في نهايته العظمى ويكون بعد المريخ عن الأرض

وقتئذ في نهايته الصغرى ويرى قرص المريخ من الارض ذا أشكال ولا يظهر وقت البدر
كامل الاستدارة بل يشابه قرص القمر قبل أو بعد البدر بيومين أو ثلاثة



ش ٧٧ المريخ والارض

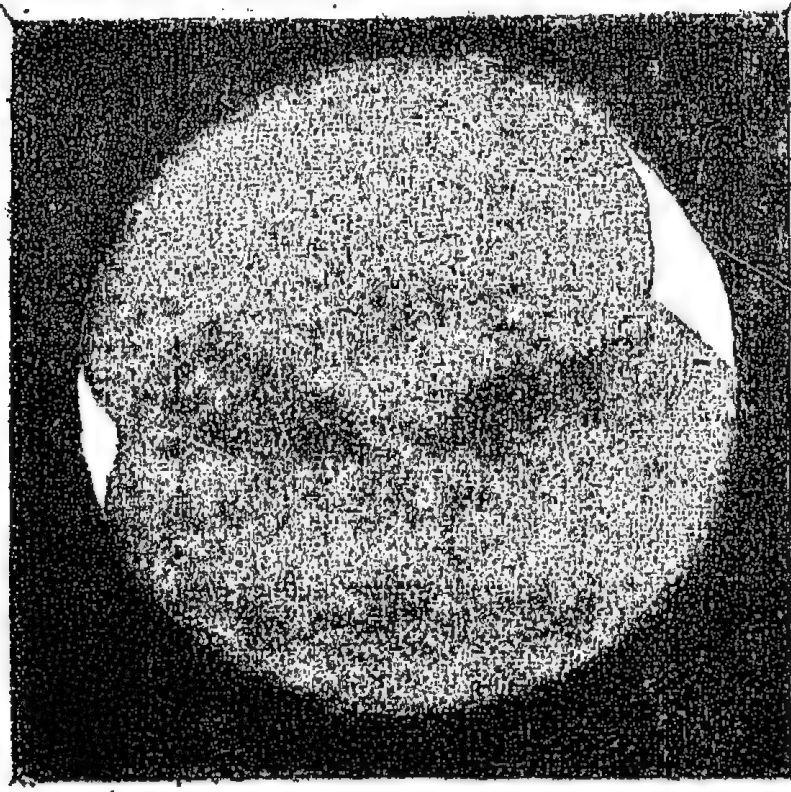
ومقدار القطر الظاهري للمريخ يساوى ٥٤ ر. من قطر الارض تقريبا أعنى يساوى ٦٨٠٠
كيلومترا وبأخذ حجم الارض وحدة يكون حجم المريخ مساويا ١٤٧ ر. وكرة المريخ ناقصية
ومقدار تبطيطها $\frac{1}{10}$ أو $\frac{1}{11}$ على رأى بعض الراصدين وهو قدر تبطيط الارض ٦ أو ٩ مرات
وإذا نظر الى قرص المريخ بتطارات عظيمة وجد على سطحه كثافات مستديمة ذات حركة في جهة
واحدة وهذا دليل على تحرك كرة المريخ حول أحد أقطارها ومدة هذه الدورة $\frac{37}{24}$ س
وبمقارنة هذا العدد بدورة دورته السنوية يوجد أن مدة الدورة السنوية من كبة من ٦٦٩ يوما
نجميا للمريخ ومحور دورانه مائل على مستوى فلكه بقدر $18^\circ 11'$

٢٠٤ - أقمار المريخ - كلفه - يوجد للمريخ قران اكتشف في أغسطس سنة ١٨٧٧
فأقربهما اليه وهو (فوبوس) يرمح مداره في ٧ ساعات و ٣٩ دقيقة وأبعدهما (ديموس)
يتم دورته في $\frac{18}{9}$ س

وبفحص قرص المريخ بالنظارة قد اكتشفت فيه كثافات لامعة ذات لون لطيف الاحمر
وكثافات أخرى مظلمة ذات لون أزرق شكلها الغير متغير تقريبا يستدعى وجود بحار وقارات
وخلاف هذه الكثافات المستديمة قد اكتشفت كثافات مظلمة تتغير بسرعة في الشكل والوضع
ولاشك في انها كتل محابية تتحرك في جوف السيار

وأيا يظهر أن طرفي محور دورانه أو قطبيه مغطيان بكثافات بيضاء ذات ضوء أعظم من الاجزاء
اللامعة الأخرى من القرص (شكل ٩٨) وامتداد هاتين القطعتين القطبيتين متغير أيضا

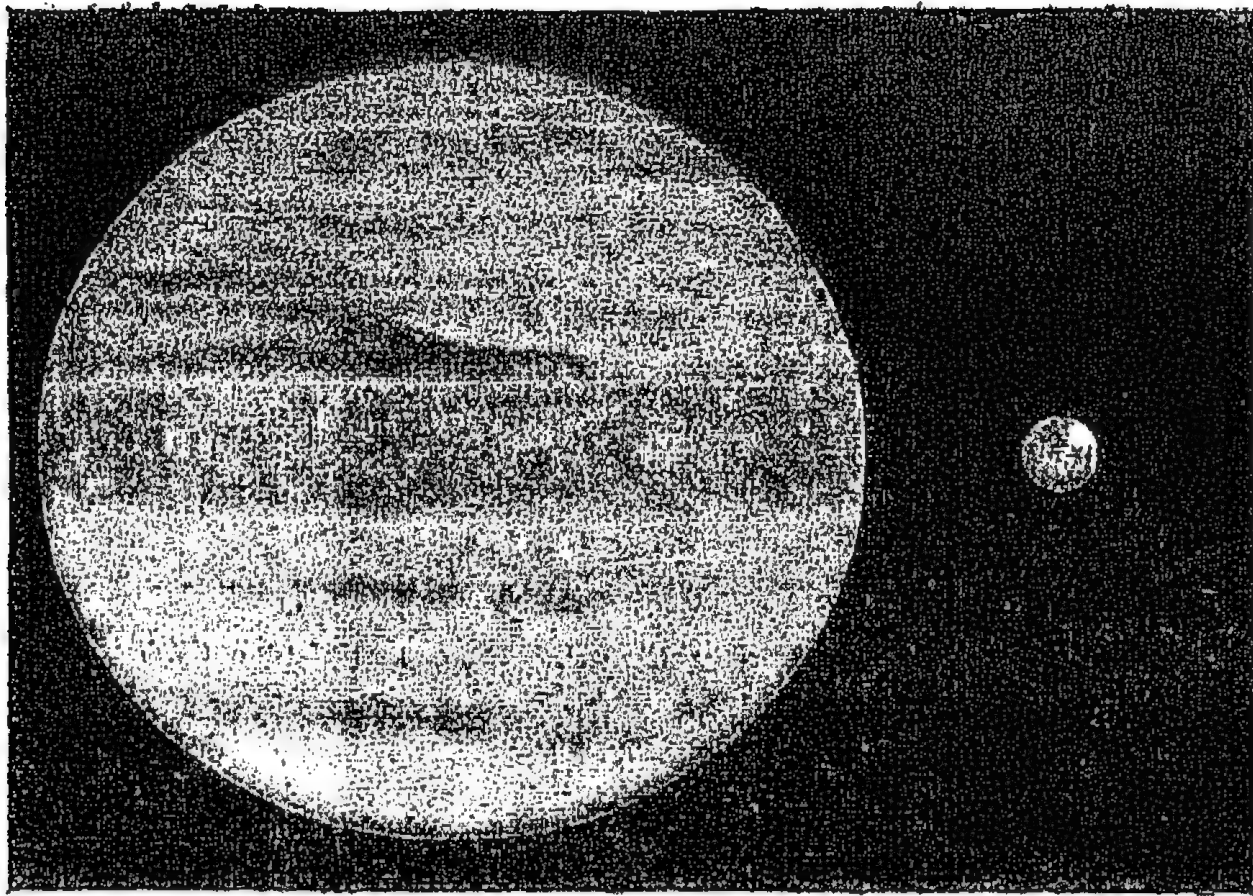
وقد شوهد أن ازدياده - ما ونقصه - ما مناسيب لوضع كل قطب في مقابلة الشمس فدر شتاء كل



نصف كرة تمتد الكافات القطبية المطابقة على العروض المجاورة للمنطقتين المعتمدتين شيئاً فشيئاً وفي مدة الصيف تتناقص وتؤول إلى دائرة ذات امتداد قليل من مركزها القطب وجميع هذه الظواهر أدت إلى القول بأن جو المريخ مشحون بأبخرة كجو الأرض وهذه الأبخرة تتكاثف في الشتاء وتصبح ثلجا بحيث يوجد منطقتان مغطتان بالثلج والجليد كما يوجد على الأرض

ش ٩٨

٣٠٥ - المشتري - أبعاده - المشتري هو أكبر جميع السيارات وحجمه قدر حجم الأرض ١٣٠٠ مرة وقطره يساوي ١٤٠٠٠٠ كيلومترا فهو قدر قطر خط الاستواء الأرضي ١١ مرة وبعده المتوسط عن الشمس يساوي ٧٧٠ مليون كيلومترا واختلاف مركز مداره ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الأرض (شكل ٩٩)



ش ٩٩ المشتري والأرض

وباختبار قرص المشتري بالنظارة لا ترى له أشكال ويظهر تبسيطه جليا وقد قدره بالمقدار $\frac{1}{18}$ وهو أكبر من تبسيط الأرض بقدر ١٧ مرة تقريبا . ويوجد مخططا على قرص المشتري

١٩ - قسمه جغرافيه

أحرمة كبيرة مظلمة مستتيرة واختبارها يعلم ان لها حركة دورية ذات مدة ثابتة تستلزم وجود حركة دورانية للسيارة حول أحد أقطاره وقد وجد أن مدة هذه الدورة ٥٦ ٩^س والحركة حاصله حول قطر عمودي على الاتجاه العمومي للأحرمة ومارباً القطبين الحاصل فيهما التبسيط ومحور دوران المشتري مائل بقدر ٨٧° على مستوى فلكه وسنة المشتري تعادل اثنتى عشرة سنة من السنين الأرضية وللمشتري جو يظن انه سميك جداً والأحرمة اللازمة من قرصه يحتمل انها كتل سحابية واتجاهها الموازى لخط الاستواء يلزم أن يكون ناشئاً عن رياح مشابهة للرياح الأرضية المنتظمة

ويحاط المشتري بأربعة أقمار تظهر في النظارات كنجوم صغيرة تتذبذب في جهتي قرصه فمرا امام القرص وخلفه أو في المخروط الظلي الذي يحذفه السيارة في الفراغ وتحتجب عن النظر عند ذلك وتحدث حادثة الكسوف

وهالك جدولاً بأسماء وأبعاد ومدد دورات الأقمار الأربعة

أسماء	أبعاد مقدرة بنصف قطر المشتري	أبعاد بالفرسخ الذى مقداره ٤ كيلومترا	مدد الدورات
يو.....	٥,٩٣	١٠٣٧٥٠٠	د ٢٧ س ١٨ ي ١
يوروبا.....	٩,٤٤	١٦٥٠٠٠	د ١٤ س ١٣ ي ٣
جانيميد.....	١٥,٠٦	٢٦٣٥٠٠	د ٤٣ س ٣ ي ٧
جالديستو.....	٢٦,٤٩	٤٧٤٠٠٠	د ٣٢ س ١٦ ي ١٦

والتابع الثانى هو الاقل حجماً من القمر والثالث أكبرها وهو أكبر من $\frac{2}{3}$ حجم عطارد
٢٠٦ - زحل - بعده عن الشمس والأرض - يمتاز زحل من بين السيارات بالحلقة
أوجله الحلقات ذات المركز الواحد المنفصلة عن الكرة وإنما تدور حوله في مستوى خط
استوائه (شكل ١٠٠)

والبعد المتوسط لزحل عن الشمس هو قدر بعد الأرض عنها تسع مرات ونصف أعنى
١٤٠٠ مليون كيلومترا تقريباً وليكون مداره ناقصاً يابكون بعده عنها وهو في الرأس
١٤٩٠٠٠٠٠٠ كيلومترا وفي الذنب ١٣٣٠٠٠٠٠٠٠ كيلومترا واختلاف مركز مداره
أكبر من ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الأرض (٠,٠٥٦)

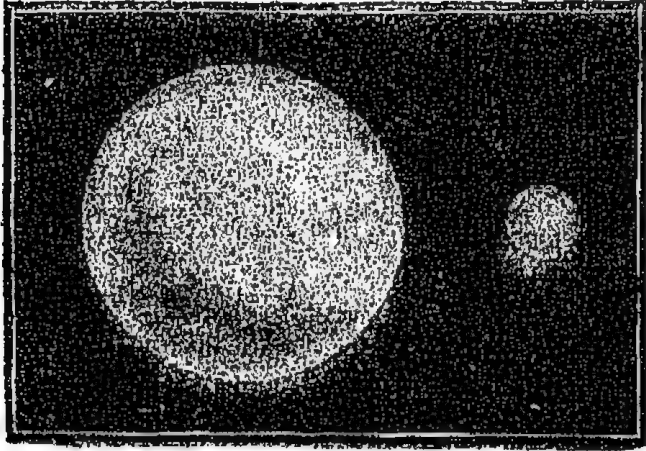
من كرة زحل والحلقة الخارجية لها لون سنجابي مثل الاسزمة المعتمة من القرص تقريبا وكلا
هاتين الحلقتين مظلمتان وتحذفان على زحل ظلا ظاهرا جدا وأما الحلقة الداخلة فبالعكس
مظلمة شفافة فتظهر امام كرة زحل كحزام معتم اكن منها يرى الجزء المستضيء من القرص
وابعاد هذه المجموعة عظيمة ومجموع عروض هذه الحلقات يعادل نصف قطر زحل نفسه أعنى
٦٠٠٠ كيلومترا تقريبا وأما سمكها فيقابل وقد قدره (هرشل) بأنه لا يزيد عن ٢٠٠ فرسخ
واذا رصدت حلقات زحل من الارض تظهر مناظر مختلفة جدا فتارة تظهر كبيض كسير
مستدير يحيط بجميع السيارات تقريبا وتارة تضيق شيئا فشيئا ولا يبقى منها سوى خيط مستدير
يحيط بالقرص وأحيانا تختفي بالكلية
ولزحل ثمانية أقمار وهال جدولاً بأسمائها وأبعادها عن مركز السيارة ومدد دوراتها النجمية

أسماء	بعد مقدر بنصف قطر زحل	ابعاد بالكيلومتر	مدد الدورات
ميماس	٣,١١	١٨٥٠٠٠	د س ي ٠ ٢٢ ٣٧
انسلا	٣,٩٨	٢٤٠٠٠٠	١ ٨ ٥٣
تيتس	٤,٩٥	٢٩٤٠٠٠	١ ٢١ ١٨
ديوني	٦,٣٤	٣٧٦٠٠٠	٢ ١٧ ٤١
ريا	٨,٨٦	٥٢٥٠٠٠	٤ ١٢ ٢٠
تيتان	٢٠,٤٨	١٢١٤٠٠٠	١٥ ٢٢ ٤١
هيبريون	٢٥,٠٧	١٤٨٦٠٠٠	٢١ ٦ ٣٩
ياپت	٥٩,٥٨	٣٥٣٣٠٠٠	٧٩ ٧ ٥٤

وأضوأها وأكبرها هو تيتان وقطره ٥٣٠٠ كيلومترا فيكون حجمه قدر حجم القمر ثلاث مرات
٣٠٨ - اورانوس واستكشافه - في ١٥ مارث سنة ١٧٨١ بين الساعة ١١ و ١٠
ليلا بينما كان المعلم (هرشل) يبحث بالنظارة صورة الجوزا اكتشف نجمة قطرها كبير ولها
حركة خاصة هي السيارة اورانوس فاورانوس له ضوء نجمة من القدر السادس ويرى بالعين
العارية وأما الصغر الذي فيه فهو نسي وينشأ عن كبر بعده المتوسط عن الشمس وبالتبعية

عن الارض وعن قلة الضوء الذي تبعثه له الشمس ولو نظر اليه بنظارة عظيمة فان شكل قرصه المستدير يصير واضحاً ويمكن تقدير قطره الظاهري

والمدار الذي يرسمه اورانوس حول الشمس قطع ناقص اختلاف مركزه ثلاثة أمثال اختلاف مركز مدار الارض تقريباً ولذا انه أثناء مدة دورته البالغة ٨٤ سنة تقريباً أو ٣٠٦٨٧,٧ مليون فرسخ يوماً بالضبط يتغير بعده عن الشمس دائماً والنهية العظمى لهذا البعد هي ٧٤٠ مليون فرسخ والنهية الصغرى له ٦٧٥ مليون فرسخاً والبعد



المتوسط ٧٠٨ مليون فرسخ وحجم اورانوس قدر حجم الارض ٦٩ مرة وقطر كرتة ٤,٢٥ بأخذ قطر الارض وحدة (شكل ١٠١)

ومقدار تبطيط كرة اورانوس هو ١/٢ ومدة دورته حول أحد أقطاره قد قدروها حديثاً ١٢ ساعة تقريباً

ش ١٠١ اورانوس والارض

ولا اورانوس أربعة أقمار وهالك جدولاً باسمائهم وأبعادها عن مركزه ومدة دوراتهم حول

أسماء	أبعاده من الشمس بنصف قطر اورانوس	أبعاده بالكيلومتر	مدد الدورات
أريل	٧,٧٢	٢٠٨٠٠٠	د س ي ٢ ١٢ ٢٩
أمبريل	١٠,٧٦	٨٠٠٥٠٠	٤ ٣ ٢٧
نيتانيا	١٧,٦٥	٤٨٠٠٠٠	٨ ١٦ ٥٦
أوبرون	٢٣,٦٠	٦٤٩٠٠٠	١٣ ١١ ٧

٢٠٩ - نبتون - بعده المتوسط عن الشمس قدره ١١٠٧٠٠٠ فرسخ وهو أبعد السيارت ومداره القريب من الدائرة الذي يرسمه حول الشمس متسعاً كثيراً فلا يتم دورته في أقل من ١٢٥ سنة

وتكرار المباحث الذي أجراه جله من الفلكيين في أسباب الاضطرابات الحاصلة في سير (اورانوس) أداهم الى ان ينسبوا هذه الاضطرابات الى سيار مجهول استناداً على نظرية الجذب

العام وقد تمت المباحث واكتشف (نبتون) في ٣١ أغسطس سنة ١٨٤٦

(ونبتون) لا يمكن رؤيته بالعين العارية وبالنظارات يظهر كنجم من القدر الثامن وبقياس

القطر الظاهري له أمكن تعيين أبعاده الحقيقية ومعرفة أن قطره يساوى ٣٨٠ إذا أخذ قطر الأرض وحدة وأما تبسيط كرتة فغير معلوم وحجمه قدر حجم الأرض ٥٥ مرة تقريبا (وانبتون) تابع واحد يتم دورته حوله في خمسة أيام واحد وعشرين ساعة

٣١٠ - اكتشاف السيارات التلسكوبية - قد ذكرنا فيما سبق أنه قبل أواسط القرن الثامن عشر كان عدد السيارات المعروفة ستة وقد صارت ثمانية وفي اليوم الأول من القرن التاسع عشر أعني أول يناير سنة ١٨٠١ اكتشف النلكي (بيازي) سيارا جديدا سماه سيرس يدور حول الشمس على مدار محصور بين مداري المريخ والمشتري

ومن سنة ١٨٠٢ إلى ١٨٠٧ استكشفت ثلاثة سيارات أخرى وهى (بلاس) و (جونون) و (فستا) فالأثنان الأولان موجودان بين المشتري والمريخ مثل سيرس وعلى بعد من الشمس يختلف قليلا عن بعدهما وأخيرة سنة ١٨٤٥ كانت السيارات الصغرى هى هذه الأربعة ثم بعد ذلك كثرت الاستكشافات حتى صار من النادر مضى سنة بدون أن تستكشف سيارات جديدة وقد علم لغاية اليوم ٢٤٨ سيارا

وجميع السيارات الصغرى مكونة بجملة محصورة بنطاقها في منطقة كائنة بين المريخ والمشتري وشكل مداراتها ناقص مثل السيارات الأصلية

٣١١ - أكبر السيارات الصغرى هى الأربعة التى اكتشفت أولا بالترتيب الاتى (بلاس) و (جونون) و (فستا) و (سيرس)

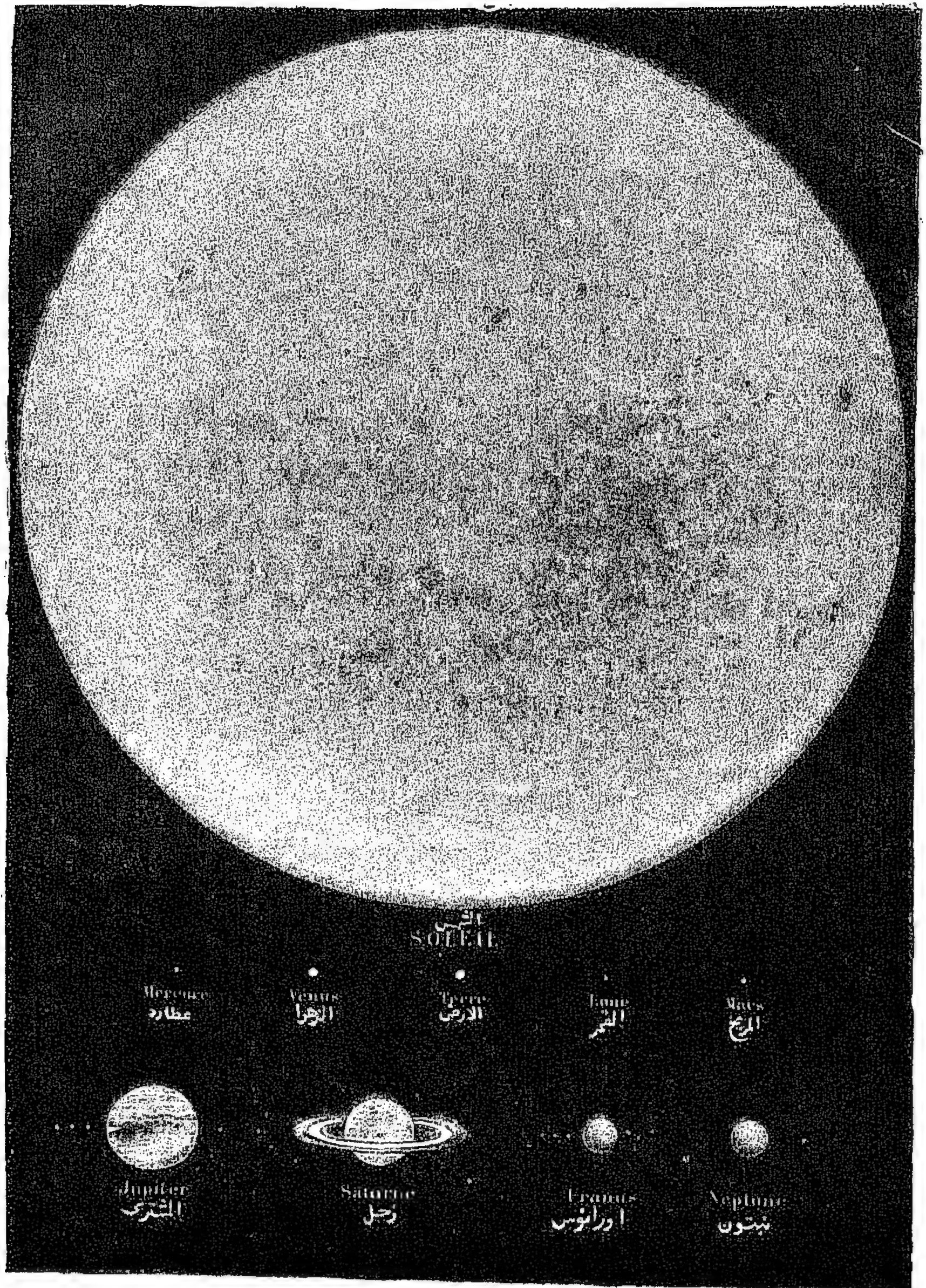
وأضوأ هذه الأربعة هو (فستا) وأما السيارات الأخرى فممكن تقدير قطرها الظاهر لصغرها وتظهر في النظارات كنقطة مضيئة

٣١٢ - المجموعة الشمسية - تحتوى المجموعة الشمسية على ٢٠٧ كوكب ويمكن ترتيبها على الوجه الاتى

أولا - الشمس - وهى الجسم المركزى المضى عنه نفسه وأبعاده أعظم كثيرا من أبعاد باقى أجسام المجموعة وهى ينبوع الحرارة والضوء

ثانيا - ١٩٩ سيارا موضوعة على أبعاد مختلفة من الشمس وتدور حولها على حسب القوانين التى ذكرناها ويصحب هذه السيارات ٢٢ تابعا

ثالثا - سبعة من ذوات الذنب الدورية و (شكل ١٠٢) بين المجموعة الشمسية



ش ١٠٢ المجموعة الشمسية

الباب السابع

ذوات الاذئاب - الشهب - الكرات النارية - الحجارة الجوية

الفصل الاول

ذوات الاذئاب والشهب

٣١٣ - ذوات الاذئاب - النواية والشعور - الذنب - المجموعة الشمسية ما عدا الشمس والسيارات وتوابعها تشتمل أيضا على عدد عظيم من الكواكب التي تتحرك حول الشمس وتتمازج عن السيارات بشكل مداراتها وبأوصافها الطبيعية الخاصة بهم بدون سواها وهذه الكواكب هي ذوات الاذئاب وتظهر في الغالب ذات الذنب كنجمة يحاط قلبها المستضيء أي نوايتها بسحابة مستضيئة كثيرا أو قليلا وسماها قدماء الفلكيين بالشعور

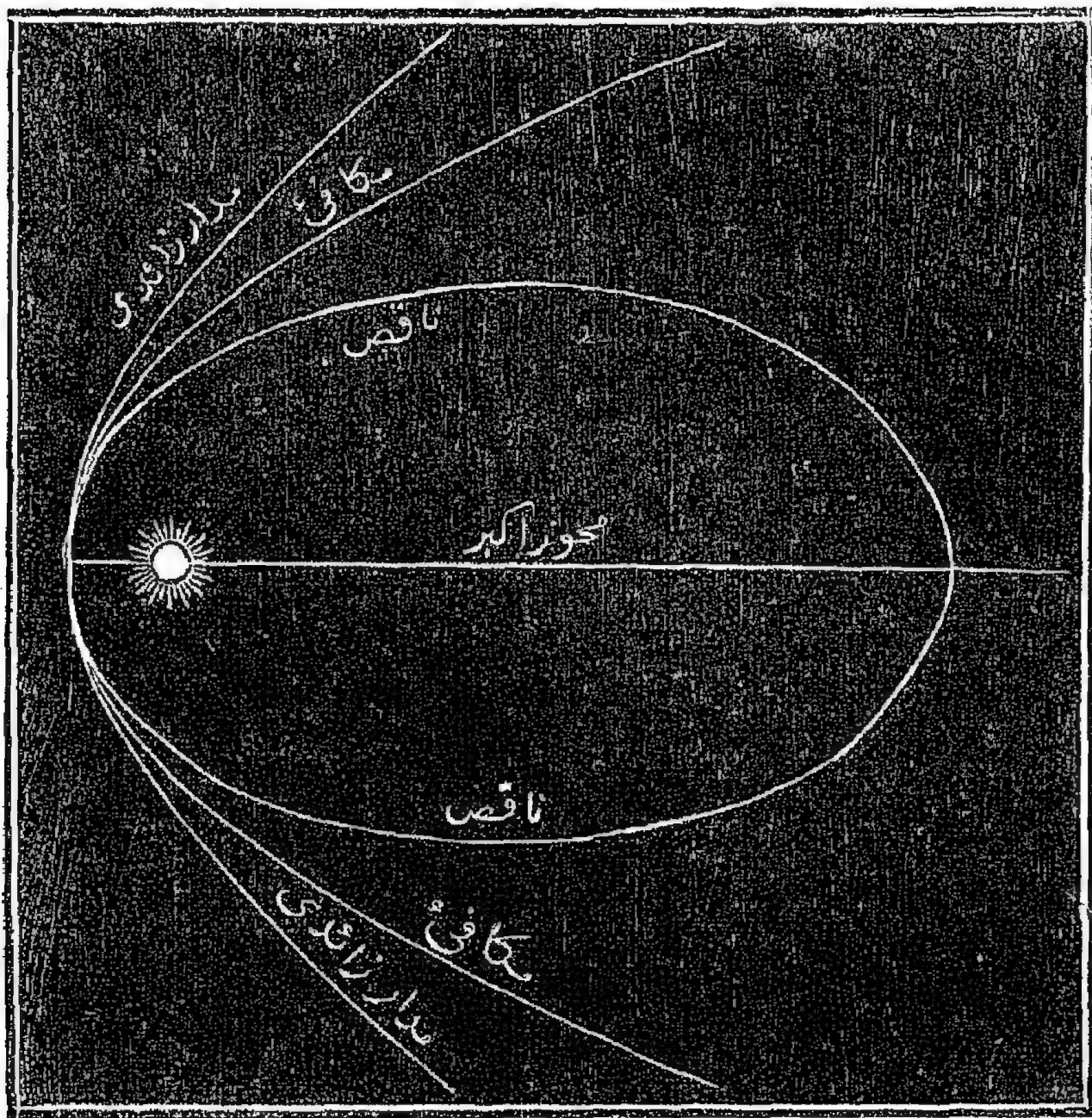
وكثيرا ما يتصل بالقلب خلاف الاكليل البخاري ذنب مستضيء يختلف طوله من نجمة الى أخرى أو في النجمة الواحدة وشكل الشعور وابعادها الظاهرية والحقيقية وشكل وابعاد الذنب متغيرة جدا وقد شوهدت نجوم ذات ذنين بل أكثر

فالاكليل البخاري الذي يكون مع القلب المستضيء رأس ذات الذنب والذنب الواحد أو الاذئاب المصوبة بهم الرأس لا يمكن مع ذلك اعتبارها أوصافا مميزة لذوات الاذئاب لانه يوجد منها ما هو عار عن الذنب وعن القلب اللامع ومنها ما له قلب محاط بسحابة وليس له ذنب

٣١٤ - شكل مدارات ذوات الاذئاب - شكل مدارات ذوات الاذئاب هو أول صفاتها المميزة لان السيارات المعروفة اليوم تتحرك على طول منحنيات مقفلة مستديرة تقريبا ولذلك تبقى منظورة لنا على الدوام بالنظارات ان لم تكن بالعين العارية لكن أغلب ذوات الاذئاب يدور حول الشمس ويرسم اما مقاطعات ناقصة طويلة للغاية أو منحنيات ذات فروع غير محدودة وينتج من ذلك ان ذوات الاذئاب لا ترى الا في جزء صغير جدا من مدارها حينما تصير في أقرب بعد لها عن الشمس وعن الارض

وبما ان مدد دوراتها وابعاد مداراتها عظيمة لم تكن رؤية رجوع غير قليل منها (وشكل ١٠٣) يبين أنواع المنحنيات المرسومة بذوات الاذئاب المختلفة التي صار رصدتها بالمنحني الاول قطع ناقص توجد الشمس في احدي بؤرتيه وحيث انه منحن مقفل فهما كانت استطالته فالكوكب السائر عليه لا بد وان يرجع بالدور في أوقات متباعدة كثيرا أو قليلا

والثاني هو قطع مكافئ شاكله مماثل كثيرا للقطع الناقص ويمتاز عنه بأن فرعيه يتباعدا
الى ما لا نهاية ولا يلتقيان أصلا ويحتمل ان ذوات الاذئاب التي يظهر أن مداراتها منحنيات
مكافئة ترسم في الحقيقة قطاعات ناقصة مستطيالة للغاية تتحد بالقطع المكافئ كامل مدة
ظهور الكوكب وفي هذه الحالة تكون مدة الدورة كبيرة جدا بحيث لا يمكن مشاهدة الرجوع
مطلقا ولكن ربما حصل أما اذا كان المدار قطعاً زائداً فلا يشاهد الرجوع البتة لان فرعيه غير
محدودين ويمتاز في الاصل عن القطع الناقص بكون الفرعين المذكورين يتباعداً شيئاً فشيئاً
عن الشكل الداخل المميز للقطع الناقص فلا يمكن ان يتحد القطع الزائد به مطلقاً
وعندما يكون المدار مكافئاً أو زائداً يقرب الكوكب من الشمس مرة واحدة ثم يبعد ولا يرجع
لها ثانية



ش ١٠٣

٢١٥ - عدد ذوات الاذئاب - عدد ذوات الاذئاب عظيم فقد رؤى منها زيادة
عن ٨٠٠ من قديم الزمان لغاية يومنا هذا وما دامت المباحث التاسكوبية تزداد عددها
ويحتمل عددها بالملايين ويقع كلام (كيلير) في محله حيث قال ان عدد ذوات الاذئاب كعدد
أسماء البحار

٣١٦ - الصفات المميزة لمدارات ذوات الاذئاب - قد ذكرنا ان ذوات الاذئاب تمتاز عن السيارات باستطالة المنحنيات التي ترسمها حول الشمس وهناك صفتان اخريان مميزتان لهما أيضاً اولاهما ميول مستويات المدارات فانهم اعوضوا عن ان تكون محصورة بين نه ايات صغيرة كميول مدارات السيارات تأخذ جميع المقادير المحصورة بين 90° و 9° ثانياً ماجهة الحركة فانهم تارة تكون من الغرب الى الشرق وتارة تكون من الشرق الى الغرب بخلاف السيارات فانهم يتحرك جميعها في جهة واحدة من الغرب الى الشرق بالنسبة للراصد الموجود على الوجه الشمالي من مستوى مدار الارض

٣١٧ - ذوات الاذئاب الدورية - من ذوات الاذئاب التي اكتشفها الارصاد أو تسكفها ما تعينت مداراتها الناقصية وأمكن حساب مدد دورتها التي غالباً ما تكون كبيرة جدا فتعد بالالوف أو بمئات الالوف من السنين ومن ذوات الاذئاب التي مداراتها ناقصية ما يؤمل رجوعها عن قريب ولو أن مدة الدورة عظيمة ولذا يجب أن خمسة من ذوات الاذئاب التسع التي حسب زمنها ووجد أقل من قرنين تتم رجوعها قبل سنة ١٩٢٣ ومع ذلك فلبعضها مدة قصيرة نوعاً حتى أمكن مشاهدة جولة دورات بواسطة رجوعاتها المتتالية وسميت ذوات الاذئاب الدورية

وحينما تظهر ذات ذنب لا يمكن الحكم عليها بكونها دورية أو غير دورية لان شكل وابعاد ذات الذنب تتغير كثيراً حتى في أثناء الظهور الواحد والطريقة الوحيدة لذلك هي معرفة عناصر مدارها ثم البحث في الرسائل المعمولة لذوات الاذئاب السالفة حتى اذا وجدوا احد عناصر مدارها مثل تلك علم انها دورية

ولبيان ذلك نأخذ ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٦٨٢ والتي اكتشفها (هالي) (شكل ١٠٤) الذي سماها باسمه فن الارصاد التي أجراها جوله من الفلكيين مدة ظهورها وجد لعناصر مدارها هذه المقادير

الميل	طول العقدة	طول الحضيض	البعد الحضيضي	جهة الحركة
$174^\circ 40'$	$111^\circ 18'$	$37^\circ 05'$	0.58	تقهقرية

و (كباير) وغيره من الفلكيين كانوا مقررين ان ذات ذنب ظهرت في سنة ١٦٠٧ عناصر مدارها هي

الميل	طول العقدة	طول الحضيض	البعد الحضيضي	جهة الحركة
$176^\circ 17'$	$9^\circ 14'$	$59^\circ 46'$	0.58	تقهقرية

فن تساوى هذه العناصر تقرىبا استنتج المعلم (هالى) ان النجمتين واحدوتأ كد من ذلك زيادة بمقارنة تلك العناصر بعناصر النجمة التى ظهرت فى سنة ١٥٣١ ووجودها متساوية تقرىبا ويعلم من هذا ان مدة دورتها حول الشمس ٧٦ سنة تقرىبا وعلى ذلك أنباء برجوعها فى آخر سنة ١٧٥٨ أو فى ابتداء سنة ١٧٥٩

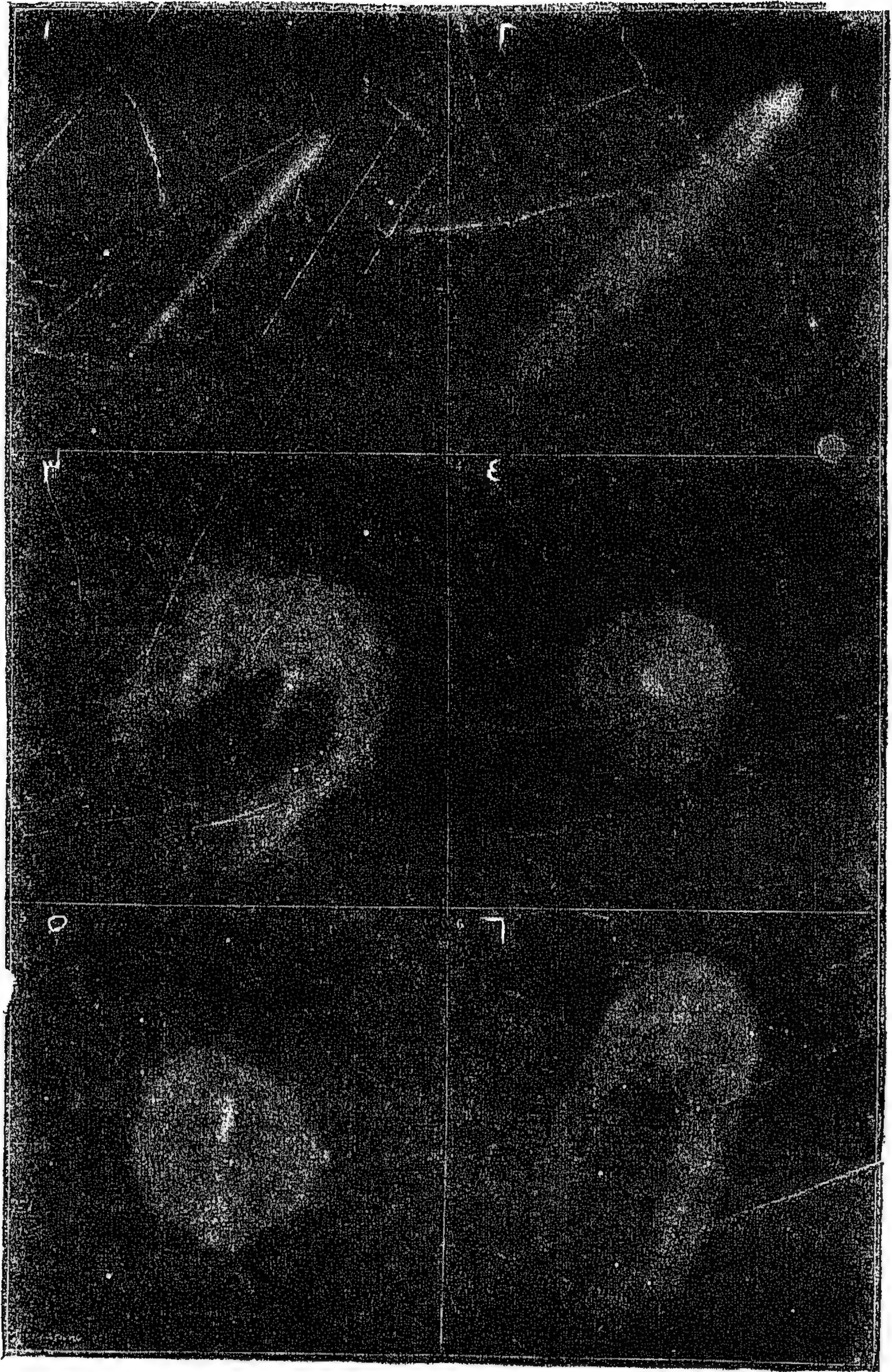
وبمناسبة مدة الدورة المذكورة يلزم ظهور ذات الذنب المذكورة فى سنة ١٩١٠

٣١٨ - ذات الذنب (انك) - هذه النجمة تسمى ذات المدة القصيرة وهى ٣ سنين و ٣١٠ يوما والمعلم (انك) رصدها فى سنة ١٨١٨ واستنتج بالحساب انها عين ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٧٨٦ و ١٧٩٥ و ١٨٠٥ وجميع مروراتها بالرأس كانت منتظمة لكن من الغريب ان مدة دورتها أخذت فى النقص دائما بحيث اذا تبع هذا النقص قانونا واحدا أمكن القول باللحظة التى فيها تغطس فى جو الشمس . وليس لهذه النجمة ذنب ولا ترى بالعين العارية وبالنظارات ترى بشكل كتلة بخارية لا نواة ولا ذنب لها وحركتها طردية ومستوى مدارها ميل على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ١٣

٣١٩ - ذات الذنب (بيلا) - هذا الكوكب اكتشفه المعلم (بيلا) فى ٢٧ فبراير سنة ١٨٤٦ وهو يتم دورته فى ظرف ست سنين وثلاثة أرباع ومدارها يقطع مستوى الدائرة الكسوفية على بعد يساوى بعد الأرض عن الشمس تقرىبا حتى انه عند ظهورها فى سنة ١٨٣٢ وجدت فى العقدة وكان تقابلها مع الأرض محتملا ولكن من ذلك الوقت قد اعترتها اضطرابات بها امتنع الخوف من حصول هذه الحادثة وليس لذات الذنب المذكورة نواة وحركتها طردية ويميل مستوى مدارها على مستوى الدائرة الكسوفية بقدر ١٣ وبعد ها وهى فى الذنب ٣٢٧١٠٠٠٠ فرسخا وفى الرأس ٢٣٥٣٧٠٠٠٠ فرسخا وفى سنة ١٨٤٦ تضاعفت ذات الذنب (بيلا) الى ذاتى ذنب ممتيرتين غير متساويتين بعدهما عن بعضهما ٦٠٠٠ فرسخا تقرىبا

وفى سنة ١٨٥٢ ظهرت مذنبين أيضا لكن البعد بينهما زاد عما كان وبيع ٥٠٠٠٠ فرسخا ٣٣٠ - ذوات الأذنان المشهورة دورية وغير دورية - من ضمن ذوات الأذنان العديدة التى رصدت يمكن مشاهدة عدد قليل بالعين العارية وقليل منها ما يدهش العالم بسبب كبر أبعادها وشدة ضوئها

فن ذوات الأذنان الشهيرة جدا فى القرون السالفة ذات الذنب التى ظهرت فى سنة ١٥٠٠ وذات الذنب المسماة (شارل كانت) التى ظهرت فى سنة ١٥٦١ وقد قال الفلكيون برجوعها

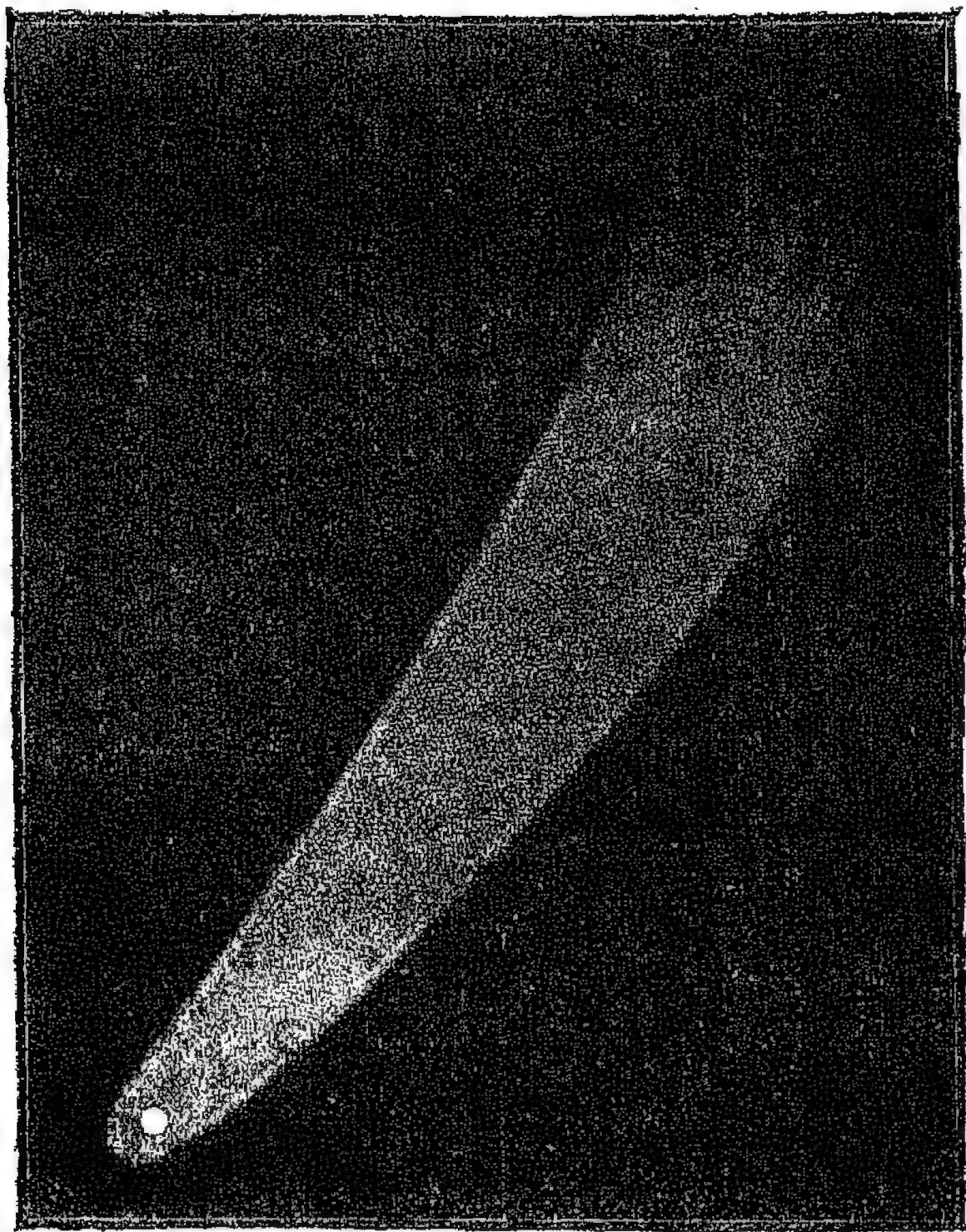


س ١٠٤ ذات انمب هالى بناء على ارصاد هرشل

ذات الذنب فى ٢٤ اكتوبر سنة ١٨٣٥ - ٢ و ٣ و ٤ و ٥ و ٦ التغيرات المتتالية ظا

في سنة ١٨١٠ ثم لم ترجع بعد ثم ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٦٨٠ التي كانت نوايتها
تضيء كنجمة من القدر الاول ثم ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٧٤٤ وكان ذنبها منفتحا
كالمرح

وفي الجبل التاسع عشر ظهرت ذوات اذنان لامعة لمعان شديدا ترى بالعين العارية وأشهرها
ذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٨١١ وظهورها أثر تأثيرها وهي لا ترجع الا بعد ثلاثين
قرنا وقطر سحابتها الا يقل عن ٥٠٠٠٠ وذيها ذوالابعاد العظيمة طوله ٥٠ مليون فرسخ
(شكل ١٠٥)



ش ١٠٥ مذنب ١٨١١

وذات الذنب التي ظهرت في سنة ١٨٤٥ وهي ألمع جميع ما روي من ذوات الاذنان حتى ان
قلوبها وجزء من ذنبها كان يرى في النهار وكان ذنبها مشهور بخلاف ذلك بطوله وانتظام عرضه
وهي اقرب جميع ذوات الاذنان الى الشمس ويحتمل ان التي ظهرت في سنة ١٨٨٠ هي
نفس التي ظهرت في سنة ١٨٤٥

وفي هذه الثلاثين سنة الاخيرة قد اكتشفت عدة من ذوات الازناب وتجنب الاطالة نبرنا
صفحاتها

٢٢١ - التركيب الطبيعي لذوات الازناب - لا يعلم عن التركيب الطبيعي لذوات
الازناب الا شي قليل ومع ذلك فقد ثبت ان كتلتها اقل كثيرا من كتل السيارات وكثير منها يمرور
بجوار السيارات يحصل في حركتها اضطرابات عظيمة وهي لا تؤثر شيئا على السيارات التي
تقرب منها والخاف التي زعموا حصولها من تصادف مقابلة ذات ذنب مع الارض قد زالت
وتبين بطلانها وانما يمكن ان هذه المتعاقبة تحدث ظواهر جووية كحادثة شهابية وهذه ظاهرة
مشهورة حقيقية ليست مضمرة

وضوء ذوات الازناب من انعكاس ضوء الشمس والضوء الذي تلمع به نوايات ذوات الازناب
يتعلق بالكلمة بقربها من الشمس ويبعدها الكبير أو الصغير عن الارض وتحليل ضوءها
بالاسبكتروسكوب أظهر انهم مكونة من كربورالايدروجين وهر كيب من الصوديوم

الفصل الثاني

الشهب - المكرات النارية - الحجارة الجوية

٢٢٢ - الشهب - المكرات النارية - الحجارة الجوية - في أكثر الليالي يرى
ما يشبه شعلا نارية تقرب بسرعة في الجو وترسم منحنيًا مستضيئًا يتغير امتداده وتختفي بسرعة بعد
مضي بعض ثوان من وقت ظهورها وتلك المناظر تسمى نجومًا ساقطة وشهبًا وهي لا تخرج
عن كونها أجسامًا صغيرة الأبعاد جدا تسخن بمقابلتها بالجو والارض ومقاومة الهواء لها الى
أن تصبح لا معة وأغلب الشهب تترك وراءها ذيلا مضيئًا ناشئًا من احتراقها وهذا الذيل يشاهد
مدة بعض ثوان فقط بعد اختفاء النجمة ويندر بقاؤه ظاهرا بعض دقائق
ويقبل كون الفراغ بماؤها بعدد وافر من أجسام صغيرة تتحرك حول الشمس كالسيارات وحينما
تمر الارض بجوارها يرى عدد عظيم من هذه الظواهر الجوية وحينئذ فلا تظهر الشهب
بعدد واحد في جميع الليالي بل يزداد عددها في العاشر من شهر أغسطس والثالث عشر
من شهر نوفمبر وأما الاوقات الأخرى التي تكون فيها أقل فهي ٢٠ ابريل و ٢٧ نوفمبر
و ١٨ و ٢٠ اكتوبر و ٦ و ٩ و ١٣ ديسمبر وأغلب الشهب تتحرك في جهة واحدة
وينتهي خط سيرها في شهر نوفمبر بالقرب من الغول في صورة برشاوش أما في شهر أغسطس
فينتهي بالقرب من نجمة من صورة الاسد

والكرات النارية هي أجسام مضيئة تظهر وتختفي بسرعة كالشهب غير أنها ذات حركة بطيئة وتمزق غالباً بالقرب من الأرض فتحدث فرقعة وتنتج أحياناً اهتزازات قوية والجزء التي تقع على الأرض تسمى الحجارة الجوية ويدخل في تركيبها الحديد والسليس والمنيزيا والنيكل وغيره ويقال بأن الكرات النارية التي ظهورها قليل الحصول أصلها مشترك مع الشهب ولون الشهب والكرات النارية يتغير وقد وجد في حادثة شهابية ثلاثاً الشهب أبيض والثالث الآخر بين أصفر وأصفر محمر وأخضر

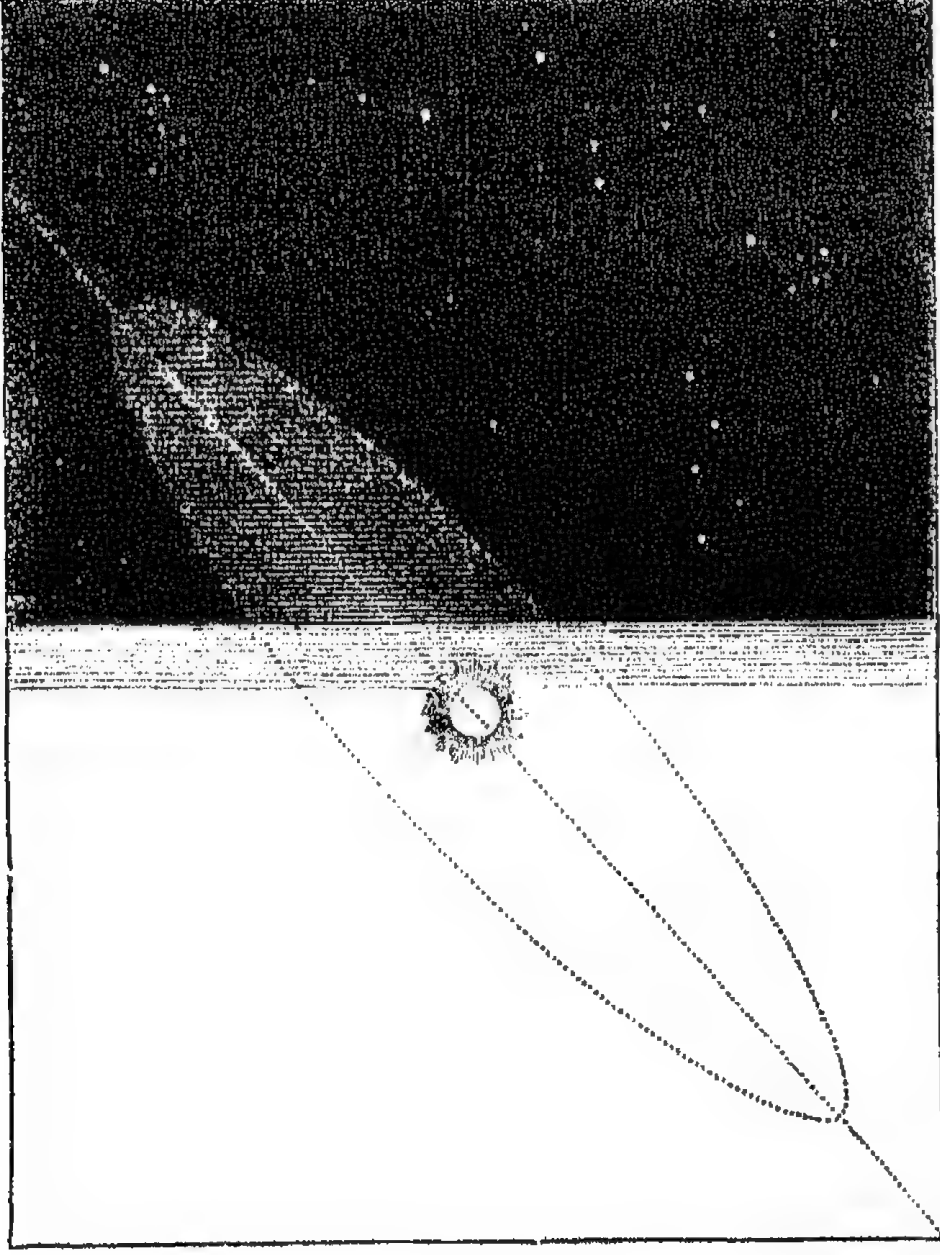
وقد أمكن تعيين ارتفاع عدد عظيم من الشهب وقت ظهورها ووجدت أعداد مختلفة جداً من ٨ كيلومتراً إلى ٦٠ و ١٠٠ و ٢٠٠ كيلومتراً وسرعتها كذلك متغيرة وهي في الجملة عظيمة جداً فهي تساوي سرعة الأرض بل تزيد عنها وتنسب هذه الظواهر إلى وجود حلقات من مادة قطعها صغيرة الجرم دائرة حول الشمس مختلفة الميل على الدائرة الكسوفية وبمجرد قرب الأرض إلى أحد الحلقات تجذب إلى نفسها بعض تلك القطع فتسقط نحو الأرض وتشتغل في الجو على هيئة شهب أو تسقط إلى الأرض على هيئة حجارة جوية

ورأى (شيا بارلي) هو الأرجح حيث يقول إن السحابات (أو السدام عند العرب) مؤلفة من مادة لم يتم تكاثفها حتى يتكون منها جرم سماوي حقيق بل جواهرها لطيفة متفرقة ويرى أن لهذه السحابات حركة في الكون كما للشمس فيستغرق وقوع بعضها داخل حدود جاذبية الشمس فتؤثر على الجزء المقدم من السحابة أكثر مما تؤثر في المؤخر وبذلك تبدى السحابة بفقد هيئتها الكروية ما دامت على بعد كبير فتستطيل وتصبح أسطوانة طويلة ثم قدمها القريب إلى الشمس أكثف مما وراءه فيتراأس المقدم ويبقى المؤخر منتشراً وكلما قرب إلى الشمس يتم هذا التحويل أكثر حتى يستتير الجزء المقدم إلا كثف بنور الشمس فيصير نواة والقسم التابع هو الذنب ويبقى منحنيًا بسبب حركة السحابة كلها فيستكون من السحابة الكروية نجمة ذات ذنب تبقى داخل حدود النظام الشمسي أو تتوه في فضاء الكون إلى حيث لا تدري وذلك على حسب كون مدارها الذي ترسمه حول الشمس ناقصاً أو مكافئاً أو زائداً كما تقدم

وقد أوضح (شيا بارلي) أيضاً أن هذا التغير في السحابة لا ينتهي بتحويلها إلى نجمة ذات ذنب بل كل جوهر منها له حركة مستقلة فلا بد أن الرأس أو النواة الأقرب إلى الشمس من الذنب تكمل دورانها حول الشمس قبل جواهر الذنب البعيدة فيستطاول أكثر فأكثر إلى أن يصير حلقة تامة عند ذلك تدور حول الشمس تلك الحلقة العريضة المؤلفة من المادة وعند اقتراب الأرض إليها تجذب من تلك المادة إليها فيحصل هطل شهابي

٢٢٣ - النور البرجى - يسمى نور البرجيات نوع مخروط مستضى يرى بعد غروب الشمس عقب الشفق أو صباحا قبل شروقها وعلى الخصوص يرى هذا الضوء مساء نحو وقت

الاعتدال الربيعى وصباحا نحو وقت الاعتدال الخريفي وذلك فيما بعد المدارين وأما فى الاقطار التى بينهما فانه يرى طول السنة بشرط أن يكون السماء راتقا وضوء القمر غير موجود والاستضاءة الضعيفة الموجودة فى الجزء المظلل من (شكل ١٠٦) تبين شكل النور البرجى وبنزول الشمس تدريجا تحت الافق تختفى هذه الظاهرة وقد علم ان الجهة التى يمتد فيها النور البرجى أكثر تمحدا بالدائرة الكسوفية وتكون الشمس بالنسبة للنور البرجى موضوعة



ش ١٠٦

كفى الشكل

وفى الغالب أن المادة التى ضوءها يحدث النور البرجى شكلها عدسى وهى كحلقة تحيط بالشمس أو بحماية مبططة تحيط بالشمس على بعد منها أما حقيقة أسباب هذه الظاهرة فليست معلومة

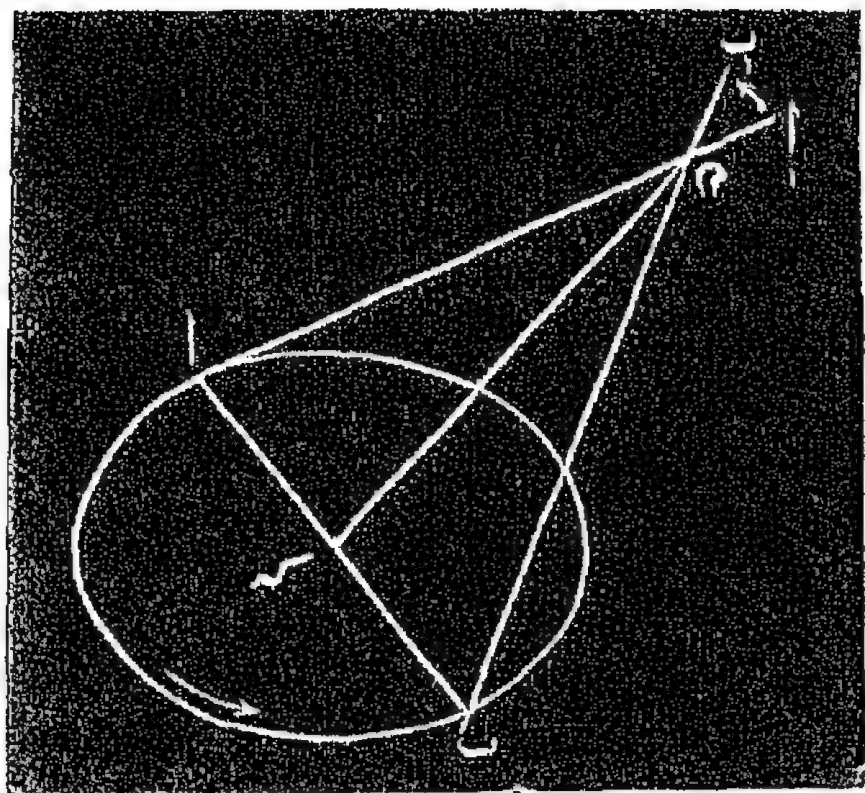
الباب الثامن النجوم الثابتة

الفصل الأول

اختلاف المنظر السنوي للنجوم - النجوم المتغيرة الدورية - الوقية - الجديدة -
النجوم المزدوجة - المضاعفة

٢٢٤ - اختلاف المنظر السنوي للنجوم - حيث علمت حركات السيارات والحركة المضاعفة للأرض والحركة اليومية للكرة النجمية والحركات الخاصة بجميع كواكب المجموعة الشمسية بقي علينا أن نبحث عن أسباب عدم التحرك النسبي لتلك الأجرام السماوية التي لا تظهر لنا إذا نظرنا إليها بأعظم النظارات الانعكاسية ذات أبعاد لا يمكن تقديرها فنقول إن عدم تحرك النجوم أمر ظاهري وإن تراى لنا أن الصور السماوية حافظة أشكالا غير متغيرة تقريباً فذلك إنما هو ناشئ من كبر بعد كل نجمة عن النجوم المكونة للصور المذكورة عنا ونبين لك شيئاً من القواعد التي استعملها الفلكيون لحل المسئلة الصعبة المتعلقة بأبعاد النجوم عن الأرض فقد علمت أن اختلاف منظر أى كوكب كالشمس مثلاً هو الزاوية التي رأسها في مركز الشمس وضلعاهامتهتيان بطرفي نصف قطر الأرض وبعد الشمس عن الأرض كبير جداً حتى أن اختلاف منظرها لا يزيد عن q ثوان قوسية كما رأيت سابقاً بمعنى أن إذا وجد راصدان على سطح الأرض في نقطتين متباعدتين عن بعضهما ما بقدر نصف قطر الأرض فلا يصل الفرق بين الوضعين الظاهريين اللذين يشغلهم ما مركز الشمس بالنسبة لهما على القبة السماوية q ثوان وحينئذ يراد تقدير أبعاد أجرام المجموعة الشمسية يكون نصف قطر الأرض وحدة صغيرة ويكون كالعدم إذا أريد أخذه وحدة لتقدير أبعاد النجوم ولذلك قد اتخذ الفلكيون وحدة أخرى كبيرة جداً عن نصف قطر الأرض وهي نصف القطر المتوسط لمدار الأرض ومن ذلك اتخذوا قاعدة للقياس خطاطوله 37 مليون فرسخ وهو أكبر من قاعدة اختلاف منظر الشمس بقدر 23000 مرة وحيث أن الأرض ترسم كل سنة حول الشمس مداراً نصف قطره ذلك المقدار فينتج أنهما في مسافة ستة شهور تشغل وضعين يبعدان عن بعضهما ما بقدر 74 مليون فرسخ تقريباً ومثل هذا الانتقال يجعلنا نشاهد حركة ظاهرياً لكل نجمة على القبة السماوية

مثلاً إذا اعتبرت نجمة مثل δ (شكل ١٠٧) خارجة عن مستوى الدائرة الكسوفية فالراصد الموجود على الأرض في A يرى النجمة في اتجاه الشعاع البصري $A\delta$ في A مثلاً



١٠٧٥

على القبة السماوية ولكن بما ان الراصد
 ينتقل مع الارض وفي ظرف ستة أشهر
 يصير في ب يلزم ان يريه الشعاع البصرى
 النجمة في الاتجاه ب ٥ في ب على القبة
 السماوية

وبهذه الكيفية تنتقل النجمة في عكس
 جهة حركة الأرض بالزاوية β إلى
 المساوية للزاوية α التي عليها
 يرى القطر AB لمدار الأرض من النجمة

ويظهر انما ترسم في ستة على الكرة السماوية قطعاً ناقصاً محوره الاكبر مواز لمستوى الدائرة الكسوفية

والزاوية التي عليها يرى المحور الاكبر المذکور من الارض أو نصفها α هي اختلاف
منظر النجوم السنوي وهذه الزاوية ما قدرت بالدقة الالبعض النجوم وأكبر مقدار لها يطابق
النجمة α من سنطورس ومقداره هو 91° ومقداره للنجمة من الدجاجة هو 37° .
وعلى ذلك فلا يصل اختلاف المنظر السنوي لأي نجمة إلى 1° وحينئذ ليسهل تعيين نهاية
قليلة تبعد الكواكب عن الارض

وذلك ان نصف قطر مدار الارض يكاد ينطبق على القوس المرسوم يجعل وضع النجمة مركزا
ونصف قطر يساوي بعد النجمة عن الارض الذي نرسم له بالحرف γ وحينئذ اذا كان γ ل
طول قوس α الذي نصف قطره يكون مساويا للوحدة وان γ نصف قطر مدار الارض
يتحصل زيادة

$$\frac{u}{l} = s \quad \text{أو} \quad \frac{u}{l} = \frac{s}{1}$$

کن

$$\frac{b}{7 \cdot \times 7 \cdot \times 18 \cdot} = J$$

وحيثما يكون

$$u \times 2.6570 = u \times \frac{7. \times 7. \times 18.}{4} = s$$

والضوء يصل من الشمس الى الارض في ٨ دقائق و ١٨ ثانية أو ٤٩٨ ثانية فلاجل ان يصل اليها من النجمة التي اختلاف منظرها السنوي ١ يستغرق الزمن

$$٤٩٨ \times ٢٠٦٢٦٥ = ٣,٢٥ \text{ سنين}$$

وهالك جدول باختلاف المنظر السنوي لبعض النجوم وابعادها عن الارض مقدرة بنصف قطر مدار الارض

أسماء النجوم	اختلاف المنظر	ابعاد مقدرة بنصف قطر مدار الارض	مدة سير الضوء سنين
أ من سنطورس . .	٠,٩١	٢١١٣٣٠	٣,٦
نجمة من الدجاجة .	٠,٣٥	٥٥٠٩٢٠	٩,٤
الشعري اليمانية . .	٠,١٥	١٣٧١٠٠٠	٢٢,٠
السماك الراح . . .	٠,١٠٦	١٦٢٢٠٠٠	٢٦,٠
النجمة القطبية . . .	٠,٠٧٢	٣٠٧٨٦٠٨	٥٠,٠

ويرى من هذا الجدول انه يلزم ٢٢ سنة حتى يصل ضوء الشعري اليها بحيث اذا اختفت هذه النجمة بسبب من الاسباب فلا تزال نراها مدة ٢٢ سنة من لحظة انطفاء نورها

٢٢٥ - الحركة الخاصة بالنجوم - لغاية الآن اعتبرنا ان النجوم ثابتة على القبة السماوية وان الحركات التي شاهدنا وجودها ما هي الا حركات ظاهريية منسوبة للحركة الحقيقية للارض في فلكها أو الى اجتماع سرعة الكرة الارضية مع سرعة الضوء المسماة (انحراف الضوء)

ولكن البحث الدقيق قد أوصل الفلكيين الى اثبات أن اعداد عظيم من النجوم حركة خاصة لاتتعلق بانحراف الضوء ولا بالاتقالات المنسوبة لاختلاف المنظر وهذا الاتقال السنوي لاى نجمة لا يتجاوز قوسا مقداره ٨ وتنشأ هذه الاتقالات المشاهدة من الحركة الحقيقية للنجوم ومن تحرك المجموعة الشمسية أيضا التي سرعتها ٨ كيلومترا في الثانية تقريبا

٢٢٦ - الحركة الخاصة بالمجموعة الشمسية - بعدا بحاث عديدة توصل الفلكيون الى ان المجموعة الشمسية تتحرك وان حركتها في الفراغ تتجه نحو نقطة من القبة السماوية

موضوعة على الخط المستقيم الواصل بين النجمتين γ و δ من صورة الجاني على ركبتيه على ربيع البعد الظاهري بينهما بالابتداء من النجمة γ والشمس وجميع الاجسام المتعلقة بها تتقدم كل سنة على الاتجاه المذكور بسرعة تساوى نصف قطر مدار الارض ١٦٢٣ مرة اى ٢٤٠٠٠٠٠٠٠ كيلومتر

ومن الحركة الخاصة للنجوم والحركة التقدمية للمجموعة الشمسية لا بد أن يتغير على طول الزمن منظر القبة السماوية وأشكال الصور السماوية لكن يلزم مضي كثير من القرون حتى يحس هذا التغير

٣٢٧ - النجوم المتغيرة الدورية - الوقتية - الجديدة - يوجد عدد من النجوم لا يحتفظ ضوءها شدة واحدة دائماً بل يتغير هذا الضوء تارة بالزيادة وأخرى بالنقص بحيث أن النجمة الواحدة تمر على جملة اقدار مختلفة وتسمى هذه بالنجوم المتغيرة

٣٢٨ - النجوم المتغيرة الدورية - بالبحث في هذه التغيرات قد علم الفلكيون أن كثير منها يحصل في أوقات معينة بكيفية واحدة مثلاً النجمة ω من القيطس ضوءها في مدة احدى عشر شهراً تعترية التغيرات الآتية وهى أنها تلمع كنجمة من القدر الثانى مدة ١٥ يوماً وهو النهاية العظمى لضوئها ثم تناقص نورها بعد ذلك مدة ثلاثة شهور الى أن تصبح غير منظورة بالكلية وتنزل عن القدر الحادى عشر وتبقى في هذه الحالة خمسة أشهر كاملة ثم تظهر ثانياً بالتدريج و يأخذ ضوءها فى الازدياد مدة ثلاثة أشهر الى أن يصير فى نهايته العظمى حيث ينتهى دورها

وهذه التغيرات الدورية التى عرفت من منذاً و آخر القرن السادس عشر قد اعطت لهذه النجمة اسم « الهجيسة » والنجمة المسماة بالغول من صورة برشاوش دورها قصير جداً فانها تكون من القدر الثانى مدة ٣٣ ١٣ ٤ ثم تناقص بغتة وفى ثلاث ساعات ونصف تنزل الى القدر الرابع ثم يزداد ضوءها ثانياً ويصل نهايته العظمى فى ثلاث ساعات ونصف وجميع مدة الدور ٢١ ٤ ٢

وبعض النجوم ذات دور مدته جملة تسنين وبعضها لا يعلم له دور اما بسبب عدم انتظام الدور أو ان مدة التغيرات عظيمة لا تسمح لهم بتعيين مدة الدور

وقد بحثوا كثيراً فى ايضاح سبب تغير ضوء النجوم الدورية فقالوا ان اجساماً مظلمة معتمة وهى توابع هذه النجوم تأتى فى كل دورة وتتوسط بين الكوكب والارض وتستتر عنا ضوءها وبعضهم قال ان النجوم ذات أوجه ليست واحدة النورانية ويدور انهم حول نفسها بوجه نحونا

هذه الأوجه على التعاقب وأخيراً شبه بعض الفلكيين النجوم بالشمس التي سطحها يغطي أحياناً بكلفات تنقص ضوءاًها ويظهر أن عدد الكلفات المذكورة تابع لدور معلوم وبهذا الفرض يكون تغير ضوء النجوم المتغيرة منسوباً لامتداد السطح وعدد أجزائه المغطاة بالكلفات المظلمة التي تستر الكوكب بأكمله في بعض الأحوال

٣٣٩ - النجوم الوقية - النجوم الجديدة - في أوقات مختلفة قد ظهرت بغتة نجوم في محلات من السماء لم يرفها نجوم من قبل ففهمها النجمة المشهورة التي رصدها سنة ١٥٧٢ الفلكي (تيخو براهي) حيث ظهرت بغتة له في وسط صورة ذات الكرسي وكان ضوءها أولاً يفوق أضواء نجوم السماء وهي الشعري والنسر الواقع والمشتري ثم تناقص ضوءها شيئاً فشيئاً ما راعى التوالى بجميع أقدار النجوم التي ترى بالعين العارية لغاية سنة ١٥٧٤ حيث اختفت بعد أن مكثت تلعب ١٧ شهراً وكان لها جميع صفات النجوم الثابتة كالتألق بشدة والحركة الخاصة واختلاف المنظر وكانت معروفة عند الفلكيين باسم «الحاجبة» وكان لونهم يتغير كضوئها فكانت بيضاء أولاً ثم صارت صفراء ثم حمراء ثم رجعت بيضاء قبل أن تختفي ثم لم تنظر بعد

وفي سنة ١٦٠٤ ظهرت نجمة أخرى شهيرة في صورة الحية وكان ضوءها أقل من ضوء نجمة سنة ١٥٧٢ لكنها ذات لمعان شديد لم ترق في النهار كالنجمة الأولى وبقيت منظورة ١٨ شهراً ثم اختفت وكان ضوءها يتناقص في ظرف هذه المدة وغير ذلك من مثل هذه النجوم كثير

وفي سنة ١٨٤٨ ظهرت نجمة جديدة في القدر الخامس في صورة الحية وفي سنة ١٨٦٦ ظهرت بغتة نجمة جديدة في صورة الأكليل الشمالي كان ضوءها كأولوة ثم ضعف شيئاً فشيئاً وصارت لا ترى بالعين العارية لكنها ما زالت ترى بالنظارات

وبعكس ذلك اختفت بعض النجوم التي كانت منظورة في السماء دائماً والفروضات التي اجريت بشأن ذلك لآن مشكوك فيها

٣٣٠ - النجوم المزدوجة - المضاعفة - بعض النجوم التي يظهر للعين العارية أنها مفردة ترى مزدوجة إذا نظر إليها بنظارات عظيمة أعني أنها تظهر عبارة عن اجتماع نجمتين قريبتين جداً من بعضهما ضوءهما ليس واحداً وأحياناً لونهما مختلف ويمكن أيضاً هذه الحالة بكيفيتين وهما إما أن ذلك ناشئ من تأثير المنظور لانه وإن كانت النجمتان متباعدتين لكن الزاوية المتكوّنة بين الشعاعين البصريين الواصلين لهما صغيرة جداً وإما أن تكون النجمتان

قريبتين من بعضهما حقيقة ففي الحالة الاولى يقال ان النجمتين مكوّنتان زوجاً نظرياً وفي الحالة الثانية زوجاً طبيعياً وقد عد من هذه الجمل الغاية الآن ٧٠٠
مثلاً يوجد في صورة الدجاجة نجمة مكوّنة من نجمتين متساويتين تقريباً بعدهما الزاوى قدره ١٦ تقريباً ومدة دورتهما ٤٥٤ سنة . وفي صورة الدب الاكبر توجد نجمة مركبة من نجمتين احدهما من القدر السابع والاخرى كذلك ومدة الدورة ٦١ سنة وغير ذلك ومدارات النجوم المزدوجة ناقصية في الغالب ويعلم أيضاً بعض مجموعات مركبة من ثلاثة أو أربعة شمس تسمى بنجوم مضاعفة فمنها نجمة من الجبار مركبة من ست شمس

الفصل الثاني

القنوان والسدام

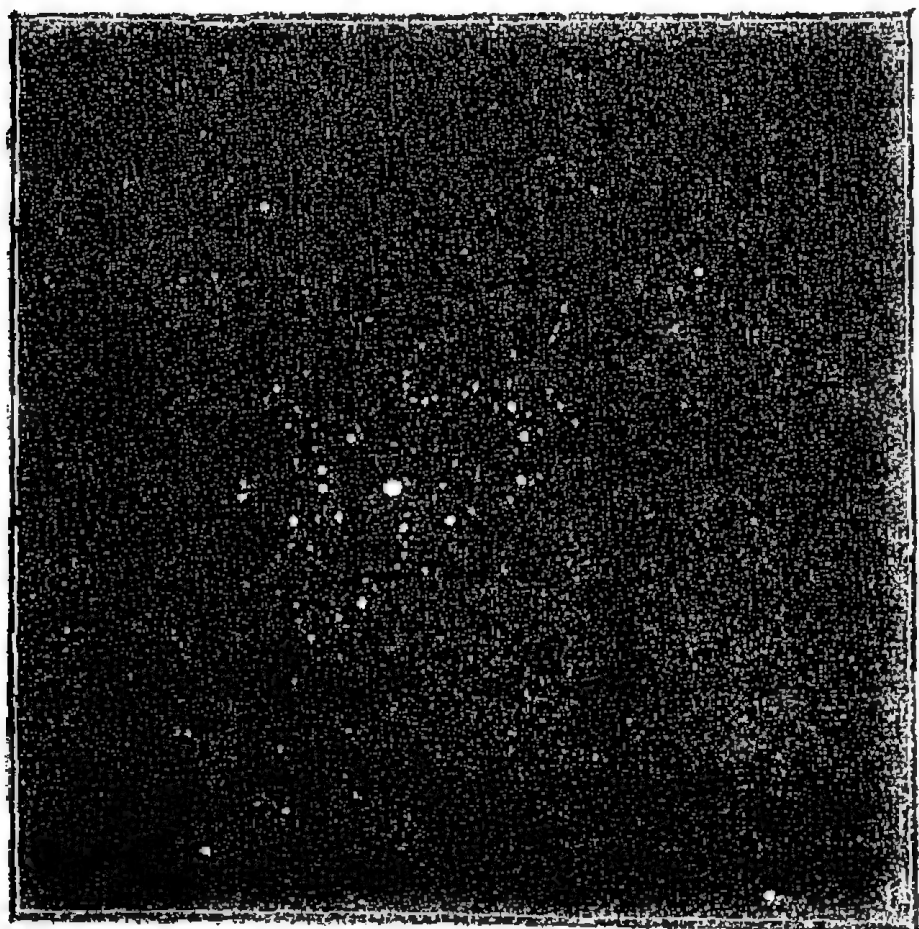
٣٣١ - القنوان والسدام - مجرد النظر الى السماء تميز بعض جمل النجوم المركبة لها متقاربة جداً بحيث يرى كثير منها في مساحة صغيرة وتسمى قنوان (القنوان جمع قنو) أو عناقيد وأشهر القنوان هي جملة الثريا الموضوعة في صورة الثور وهي مركبة من ٨٠ نجمة تقريباً ستة منها ترى بالعين العارية ومجموعة أرجل التوأمن في صورة الثور أيضاً تتركب من نجوم أقل عدداً وأقل انضماماً من نجوم الثريا . ويرى بالعين العارية جملتان أخريان احدهما في السرطان والاخرى في برشاوش والنجوم المكوّنة لهما لا يمكن رؤيتها إلا بمساعدة النظارات وتظهر هذه الجمل لضعفاء البصر على هيئة سحبيات مستنيرة وعلى ذلك فالسماء ممتلئة بجمل من السحبيات التي لا يمكن النظر المتوسط ان يميز نجمة مما من احدها وتسمى سداما والمعلوم منها يبلغ ٥٠٠٠ فالسدام جمع سديم وهو الضباب الرقيق وفي اصطلاح الفلكيين نجوم صغيرة القدر جداً متقاربة حتى ترى مثل سحابة أو ضباب أو قطعة نيرة سحابية لا تحل الى نجوم مفردة بالنظارات القوية أو ما تحققه بالاسبكترسكوب انها مجتمعات غاز حام الى درجة الانارة وقد انقسمت باعتبار ما ذكر الى ثلاثة أقسام

أولاً - قنوان يمكن تحليلها بالنظارات الى جملة نجوم وتسمى مجموعات كوكبية

ثانياً - قنوان يمكن النظارات تحليل جزء منها الى جملة نجوم

ثالثاً - سدام لا يمكن أقوى النظارات تحليلها

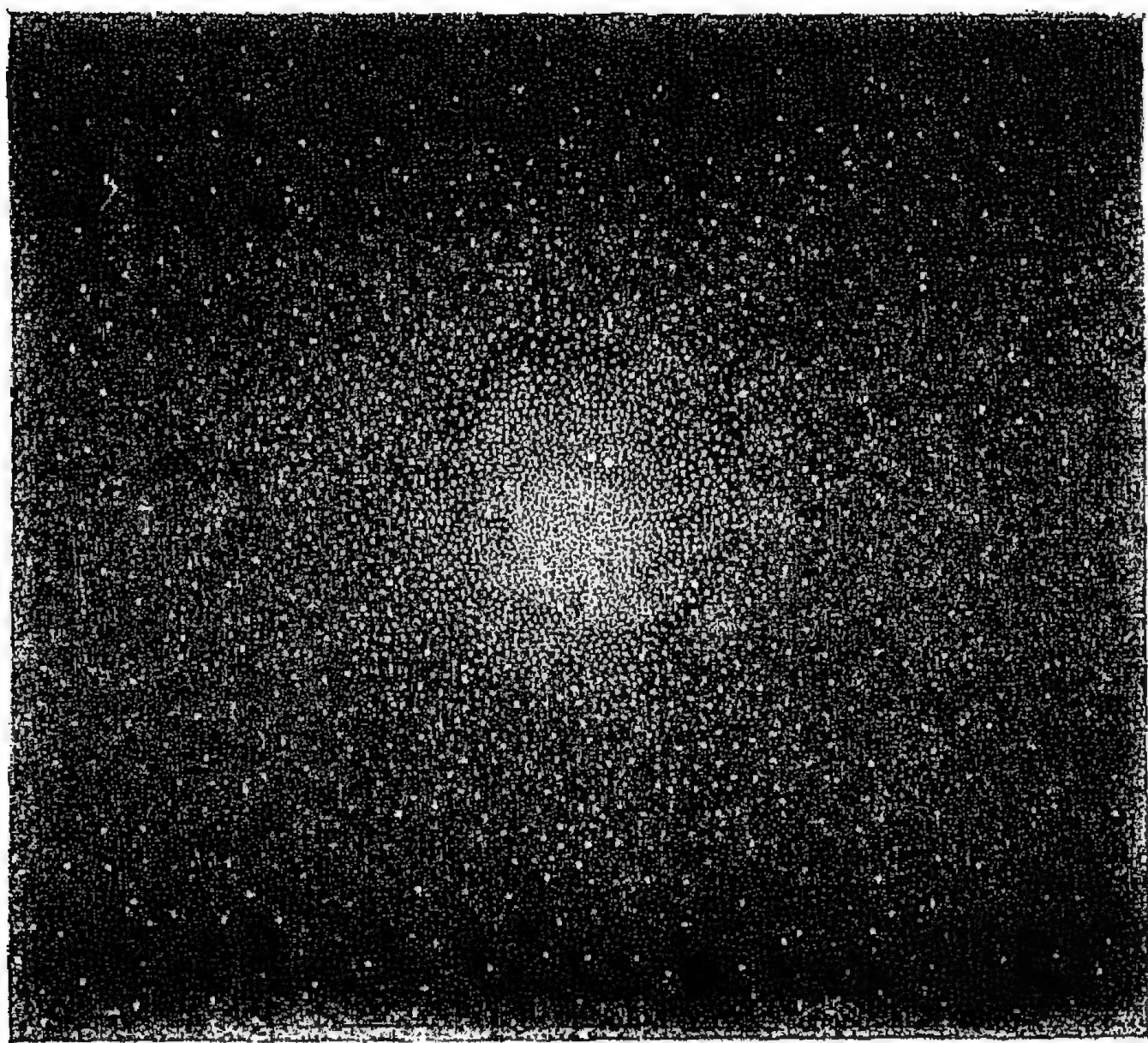
٣٣٣ - المجموعات الكوكبية - تظهر المجموعات الكوكبية بشكل مستدير غالباً



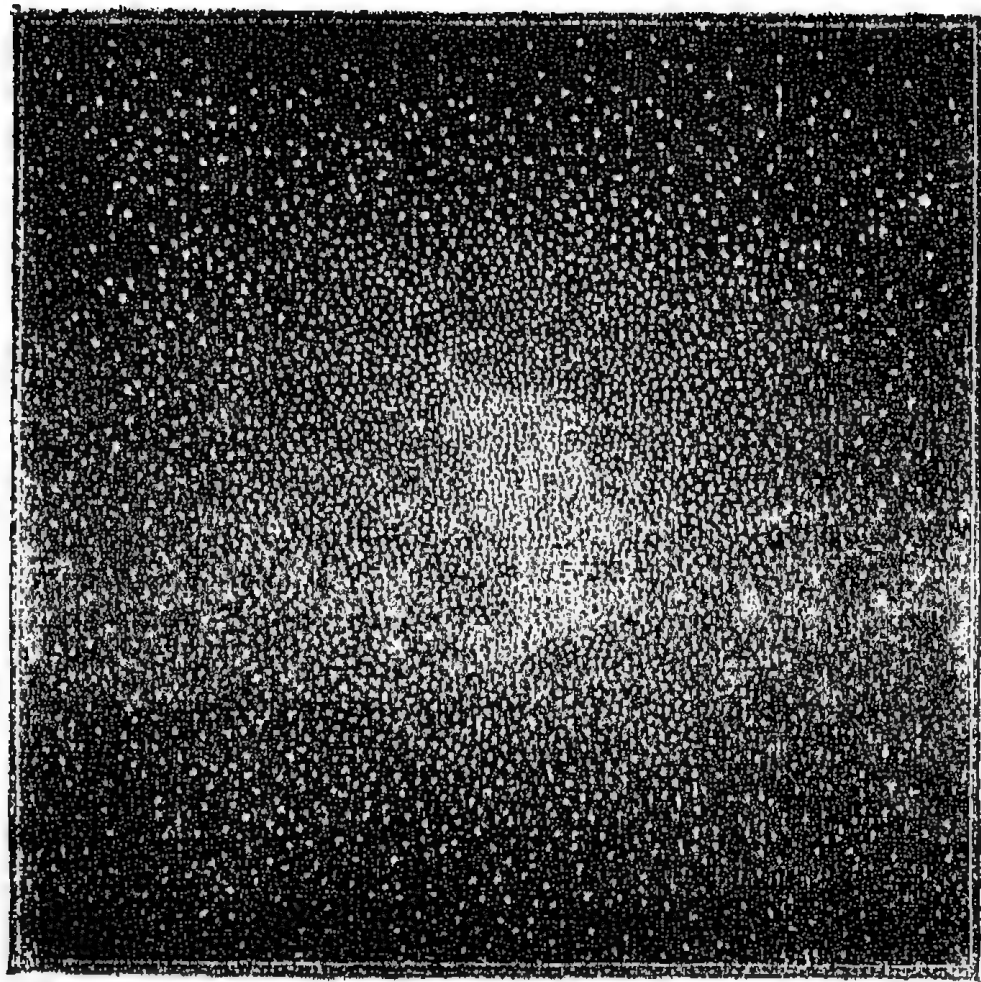
ش ١٠٨

حتى يظن في مبدأ الأمر أنها من ذوات
الأذنان ولكن عدم تغير شكلها وعدم
تحركها يميزها عن ذوات الأذنان .
والنجوم المكونة منها المجموعات
الكوكبية تظهر في جهة المركز أكثر
عدداً مما في الأطراف (شكل ١٠٨)
وقد حسب المعلم (هرشل) أن بعض
هذه المجموعات التي شكلها كروي
لا تشتمل على أقل من ٥٠٠٠ نجمة
منظمة إلى بعضها في سعة قطرها
الظاهري لا يزيد عن عشرة قطر القمر

وأشهر هذه المجموعات قنولون كان وهي في السماء الجنوبي وترى دائماً بالعين العارية
(شكل ١٠٩) والجزء المركزي منها ذلولون أحمر برتقالي فاتح ومثل هذا القنوما هو مبين
في (شكل ١١٠) و (شكل ١١١)

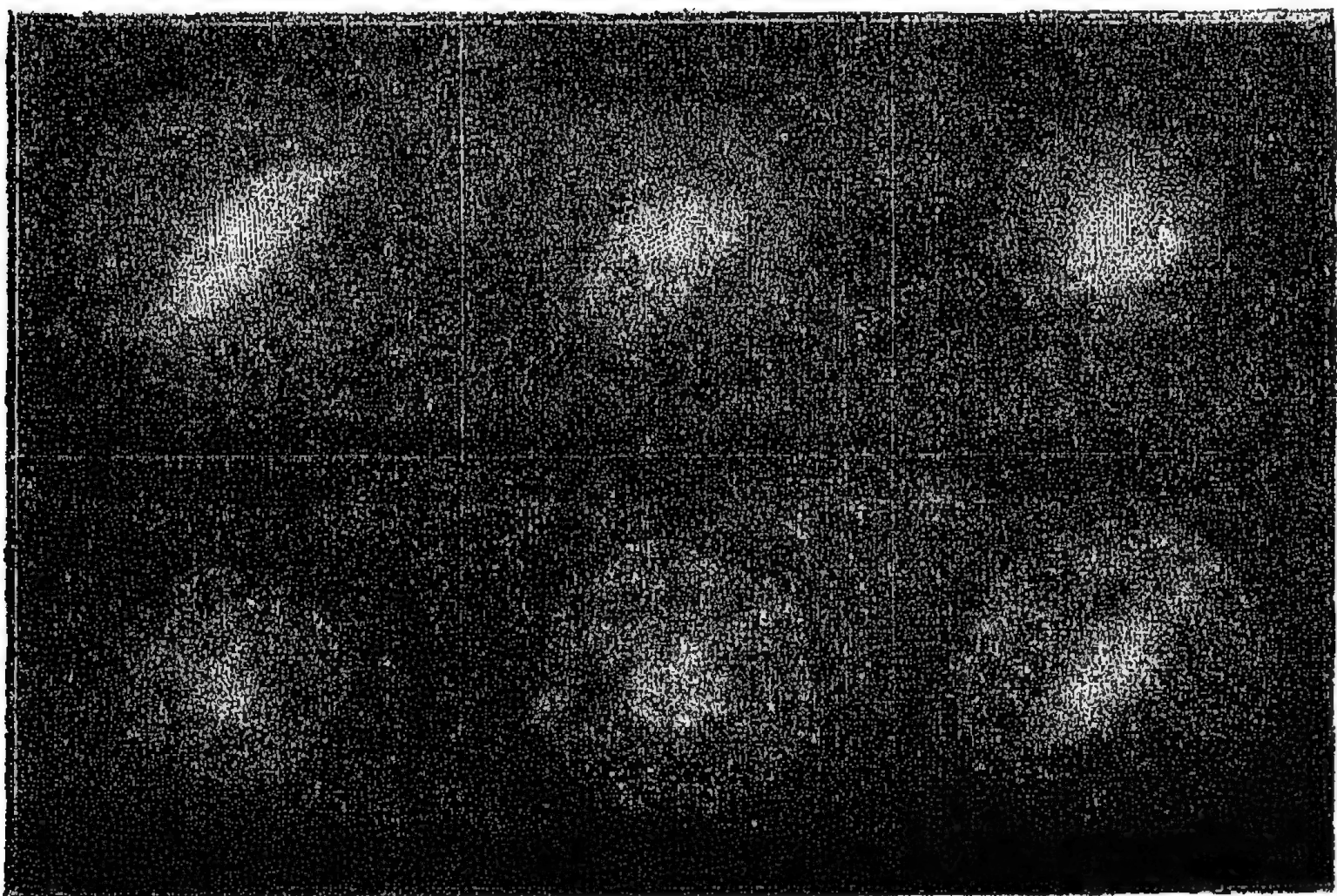


ش ١٠٩ قنولون كان

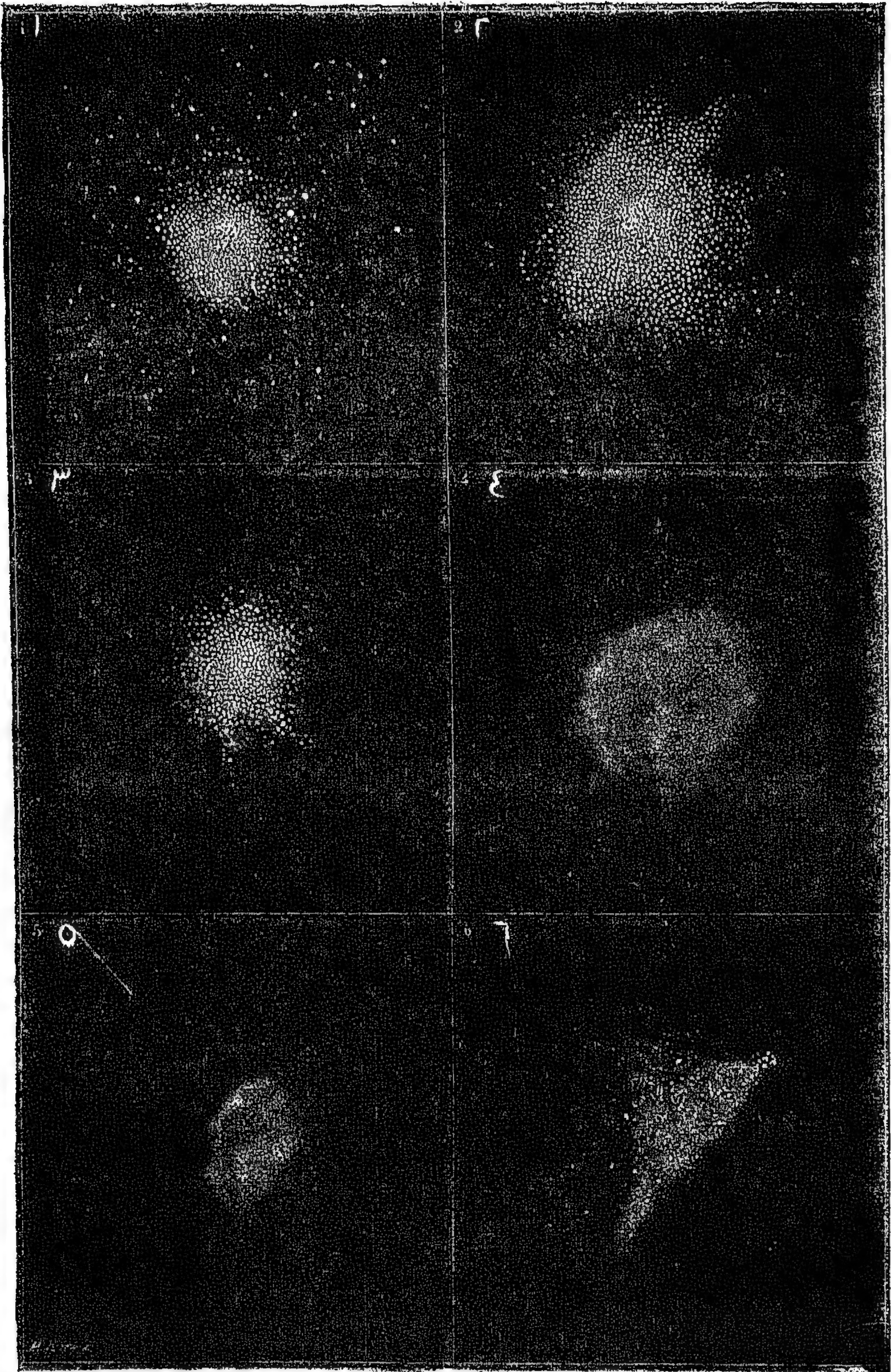


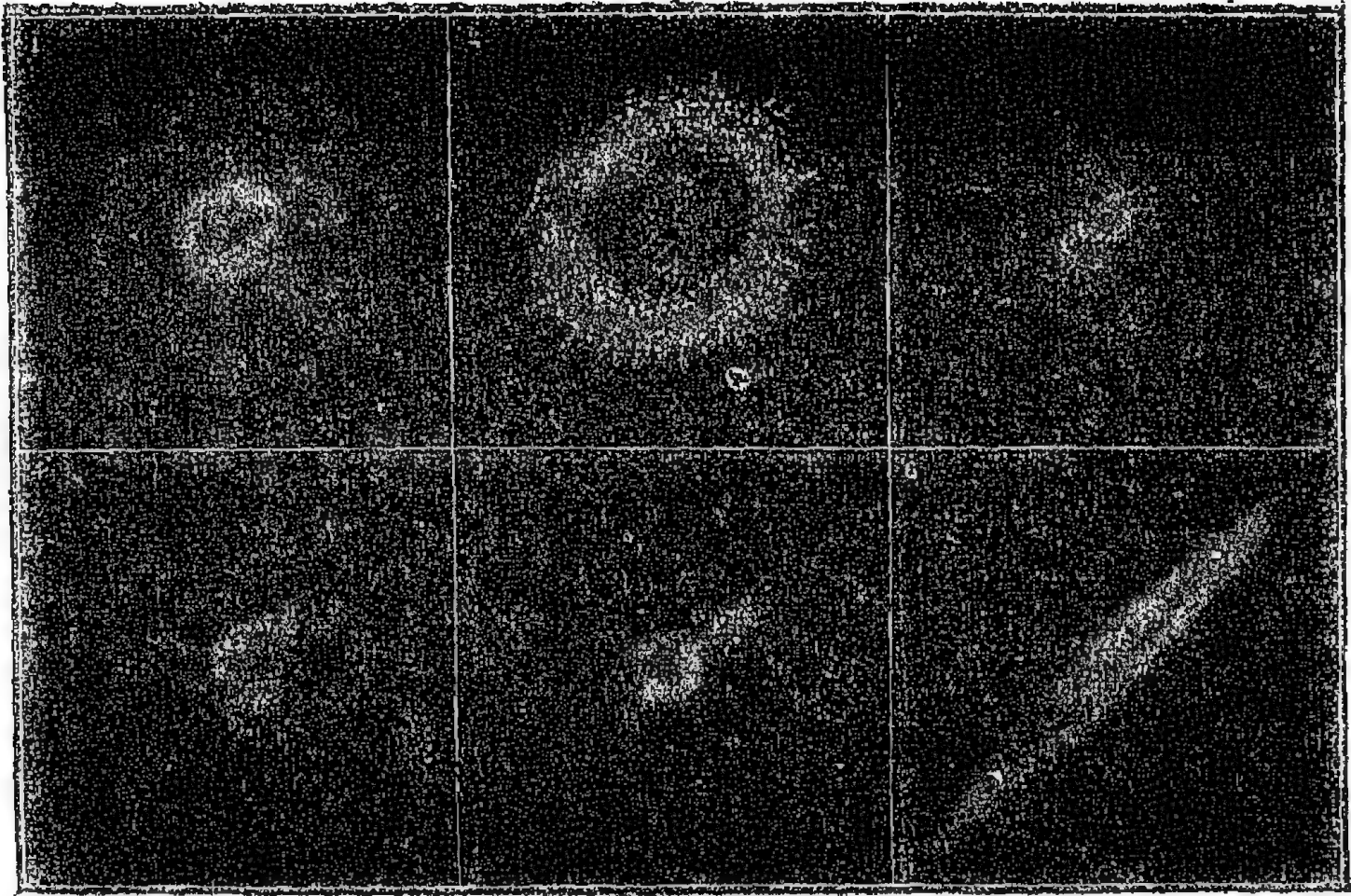
ش ١١١

٣٣٣ - السدام الممكن حلها - السدام التي ينحل جزء منها تظهر في الغالب على شكل منتظم قليلاً أو كثيراً ولا شك في أن هذه المجموعات هي من المجموعات المكوّنة غير أنها موضوعة بعيداً جداً أو أنها من كبة من نجوم صغيرة جداً يمكن تحايلها بالنظارات وبعض السدام ذات الشكل المنتظم مستدير وبعضها يضاوي وبعضها ناقص مطاول جداً يقرب من المستقيم (شكل ١١٢) وبعض السدام البيضاوي حلقى كما يرى في (شكل ١١٣) وأحياناً ترى نجوم على نفس الحلقة



ش ١١٢





ش ١١٣

ومن ضمن السحابات المنتظمة ما شكله مخروطي أو كشكل ذات الذنب
ويمكن أن يكون انتظام الشكل مترتباً على قوة الآلة بحيث أن الانتظام لا يكون الا ظاهرياً فعلى
رأى (هرشل) تظهر سحابة كلب الصيد مثلاً على شكل حلقة مضاعفة في نصف دائرها
وفي وسط الحلقة توجد سحابة لامعة جداً وخارجاً عن الحلقة على بعد منها توجد سحابة صغيرة
مستديرة (شكل ١١٤)

٣٣٤ - السدام الغير المحبولة ذات الشكل غير المنتظم - توجد سدام لا يمكن
أقوى الآلات حلها وهي سدام الرتبة الثالثة وهذه السحابات تظهر عموماً بشكل غير
منتظم وذلك كسديم المرأة المسلسلة (شكل ١١٥) والسديم الحلقي الناقص للأسد
(شكل ١١٦)

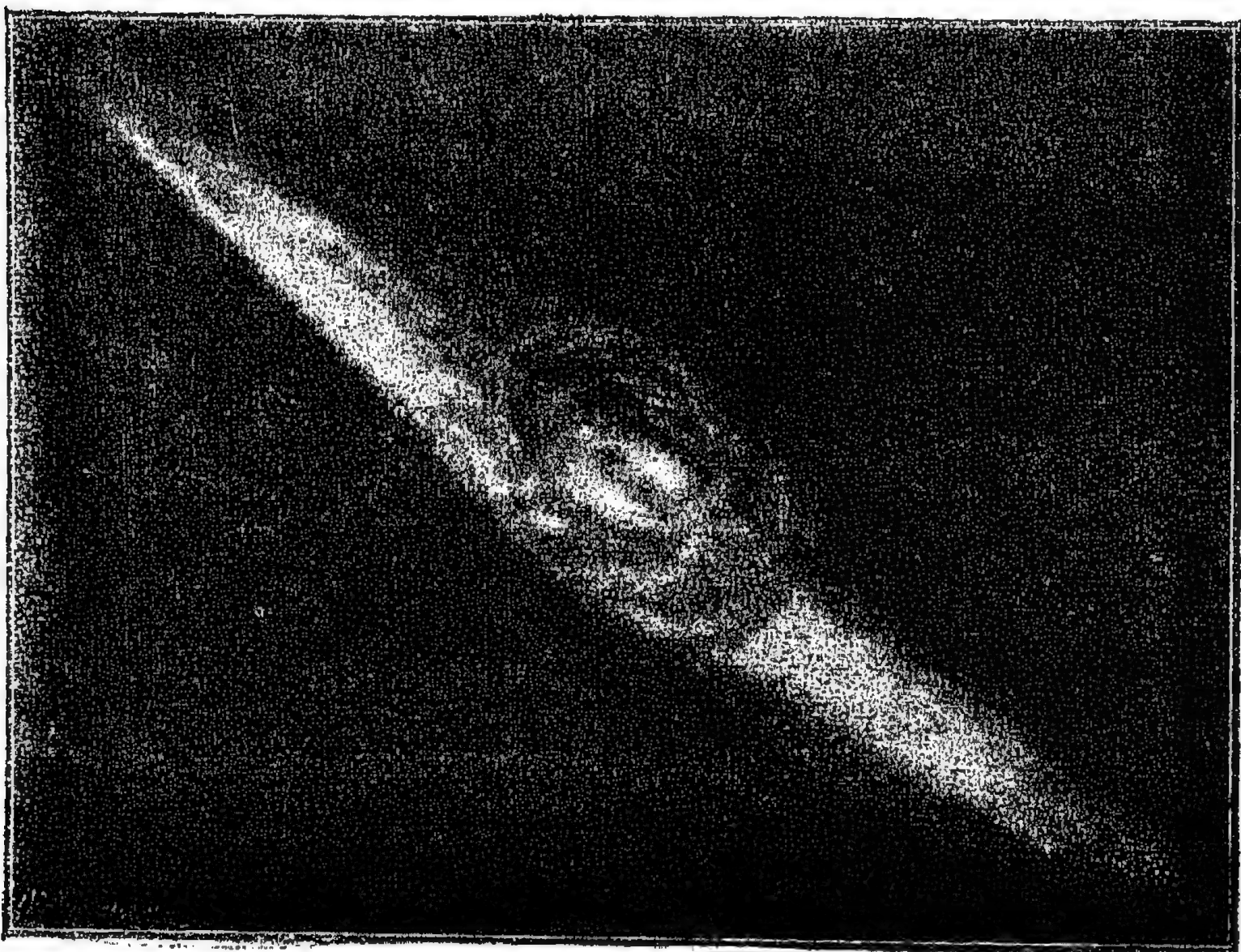
٣٣٥ - السدام السيارية - النجوم السدامية - يرى في السماء أيضاً سدام
تظهر بمنظار قرص جميع سطحه مستضي بالتساوي حتى يظن انها مجموعات كوكبية مبططة
تري لنا بوجهها وسميت سداما سيارية . وبعض الاحيان يشاهد في قلب السديم نجمة أو جملة
نجوم تمتاز بانفصالها عنهما فاذا لم يوجد سوى نجمة واحدة فانها توجد في مركز السديم ومتى
وجد أكثر من نجمة فانها تكون موضوعة بالتمثل على سطح القرص وتسمى هذه نجوم
سدامية (شكل ١١٧)



ش ۱۱۴ سديم کاب الصيد



ش ١١٥ سديم المرأة المسلسلة



ش ١١٦ سديم الاسد



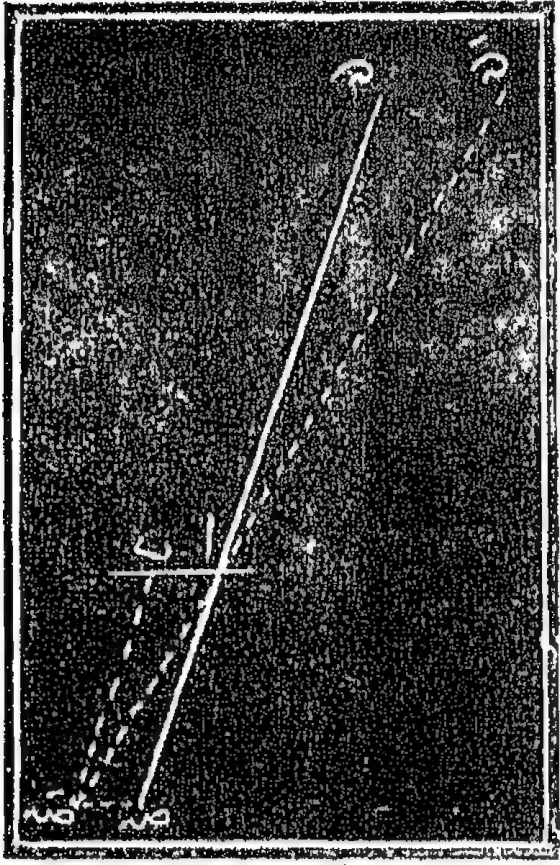
ش ١١٧

والموافق عليه اليوم هو أن السدام السيارية والنجوم السدامية مكونة من تجمع مادة منتظمة جدا ومضيئة بنفسها وربما وجب نسبة هذا التركيب ذاته إلى بعض السدام السماوية التي ما قدرت أن تحللها أقوى الآلات إلى نجوم لغاية يومنا هذا

٣٣٦ - طريق التبانة أو المجرة - يسمى بهذا الاسم منطقة ضيقة بيضاء غير منتظمة تقسم الكرة السماوية إلى قسمين متساويين تقريرا على حسب دائرة عظيمة من الشمال الشرقى إلى الجنوب الغربى وعرضها متغير جدا وتتفرع إلى فرعين يتحدان ثانية على مسافة ١٥٠ وهذه السحابة الجسمية قد انحلت في بعض أجزائها ولكن أقوى الآلات لم يمكنها أن تحللها في بجلة أجزاء أخرى منها وعلى رأى المعلم (وليم هرشل) عدد النجوم التي تشتمل المجرة عليها لا يقل عن ١٨ مليون نجمة وكل نجمة من هذه النجوم مأخوذة على انفرادها تصير صغيرة جدا لا ترى بالعين العارية لكن اجتماع هذه النجوم منضما بعضها إلى بعض يكون ضوءا بياضيا في الليالي الخالية من القمر وعندما يكون الجو صافيا

ويتراعى أن المجموعة الشمسية كأنه في المجرة وانهم مكونة بجزء منها والمجرة تتجه على حسب دائرة عظيمة من الكرة السماوية فهي منطقة قطبها الشمالى يقرب من صورة أم الشعور والجنوبى في صورة القيطس ففى ابتعد عن هذين القطبين يأخذ عدد النجوم فى الزيادة أولا يبطء ثم يسرع عظيمة ومن ذلك قيل ان المجرة هي منطقة النجوم

٣٣٧ - انحراف الضوء - الانحراف السنوي للنجوم هو زوغان ظاهري للأشعة



س ١١٨

الضوئية التي ترسلها النجوم لنا وهذا الزوغان منسوب لاجتماع حركة الارض وسرعة الضوء الذي يأتينا من هذه الكواكب ولتكن ص ص المسافة التي تقطعها الارض في زمن قصير جدا و ص المسافة التي تقطعها الاشعة الضوئية لنجمة مثل د في الزمن عينه فبسبب سرعة الضوء العظيمة يصير ص أ أكبر من ص ص ١٠٠٠٠ مرة تقريبا ويصل اليها الضوء على حسب اتجاه المحصلة أص الذي يختلف قليلا عن ص د وتسمى الزاوية د أ زوايا انحراف الضوء

وانحراف الضوء هو برهان قاطع على حركة الارض حول الشمس لان تأثير الحركة اليومية لا يكفي لايضاح هذه الظاهرة ولكن باعتبار تأثير الانتقال تتوافق نتائج الحساب مع نتائج الارصاد

٣٣٨ - أصل وتكوين المجموعة الشمسية - (شكل ١١٩) ينسب الى الشهير (لاپلاس) الفرض المعقول الذي وضعه لأصل المجموعة الشمسية وتكوينها ونذكر المختص هذا الفرض فنقول

انه في مدة سابقة لمننا بكثير من القرون كانت المجموعة الشمسية بأكلها بل جميع المادة التي تتكون منها الآن الجمل المختلفة لهذه المجموعة في حالة غازية ممتدة على هيئة سحابة جسمية مستطيلة جدا ولم يكن بها أثر يدل على انها كثيفة (أي ثقيلة) فتكون عناصر السحابة المذكورة في هذه الحالة متباعدة بعضها عن بعض حتى ان القوة الدافعة الممتعة هذه العناصر بها تبطل بالسلبية القوة الجاذبة التي تميل لان تضم تلك العناصر بعضها الى بعض وتصيرها اجلا ثم بانقضاء القرون تبرد السحابة المذكورة شيئا فشيئا بالتشبع المستديم في الفراغ ويتناقص تأثير القوة الطاردة ويزيد تأثير الجذب شيئا فشيئا فتتكاثف العناصر المختلفة للسحابة المطاولة المذكورة وتتقارب الى مركز واحد أو الى جملة ههرا كز

وباستمرار ذلك تؤل السحابة الشمسية الى منظر نوابة مضيئة يحيط بها على بعد عظيم جو غازي شكله كروي تقريبا (وهو ما تظهر لنا به النجوم السدامية في الفراغ) كما تقدم وذلك ان الفلكيين يعتبرون ان النجوم السدامية لا تتحول الى نجوم أو انها هموس بسبب بسيطة أو زوجية أو مضاعفة تحيط بها سحابة مضيئة بنفسها أو تضئها النجمة المركزية

وكانت الشمس وقت تكونها هذا موجودة وحدها أيضا وكانت السيارات وتوابعها باقية على حالة اختلاط في وسط الجو



ش ١١٩

ثم ان الكتلة بأكملها كانت ممتعة بمرحلة دوران تجذب معها في جهة واحدة اما عناصر النواة أو عناصر السحابة وانما كانت حدود السحابة تتعلق في أي لحظة بالبعد الذي فيه كانت القوة المركزية الطاردة المنسوبة لحركة الدوران متزنة بالقوة المركزية الجاذبة وكانت هذه الحدود تتغير وتتقرب من المركز ضرورة بتأثير تبريد مستمر ينتج عنه نقص حجم السحابة فن ثم تترك منطقة من البخار المتكاثف على بعد الحدود الاصلية وبهذه المثابة يلزم أن يترك الجو السماوي شيئا فشيئا بجملة مناطق من البخار تتقارب شيئا فشيئا من المركز وتوجد تقريبا في مستوى خط الاستواء العمودي الذي فيه تكون القوة المركزية الطاردة راجعة بالطبيعة بسبب معرفة الحركة الدورانية

وهذه المناطق هي التي نشأت عنها السيارات المنعزلة أو جل من السيارات والسكواكب لكن لاجل أن تحفظ المناطق المنفصلة من السحابة العمومية شكل حلقة من كزها في مركز الشمس يلزم استمرار الموازنة التامة بين العناصر المختلفة المترتبة منها هذه الحلقات وهذا أمر لا يأتي حوله ويلزم ان تتجزأ الحلقات ويجذب الاجزاء الكبيرة منها بالاجزاء الاخرى لتكون

من جديد مركزاً ونواة سحابية وهذا يؤدي إلى أن كل واحدة منها يلزم أن تكون ذات حركتين
 آيتين احدهما دورانية حول مركزها الخاص بها والاخرى انتقالية حول مركز مشترك
 ومع ذلك فحيث ان هاتين الحركتين لم يكونا الا اسعة رار حركتدا خلية عمومية فلا بد أن تبقى
 جهتهما هي الحركة الدورانية للمجموعة أولاً والنووية الشمسية
 ومتى تقررت تكوين السيارات يفهم جيداً كيف تحدث هذه السحابيات الجزئية المشابهة
 للسحابة الاصلية تولد أجسام جديدة تنجذب وتدور حول كل منها وهذه هي كيفية تولد التوابع
 وقد أوضح (لاپلاس) أيضاً سبب كون التوابع لم تكون توابع جديدة وسبب كون هذه
 الاجسام الثانوية انما توجه وجهها واحداً نحو السيارة التي تنجذب حوله فقال
 حيث ان تأثير الجذب يزداد تبعا لصغر البعد وان الكرات المركبة للتوابع ما زالت في حالة سيولة
 فيلزم ان تستطيل نحو مركز السيارة ويكون الحركة دورانها مدة متحدة تقريبا بعدة حركتها
 الانتقالية وبعد عدد ما من الرجات تصبح هذه المدد متساوية بالضبط
 وأقوال (لاپلاس) هذه هي مطابقة للقوانين الميكانيكية وللارصاد الفلكية والتأثيرات
 الطبيعية

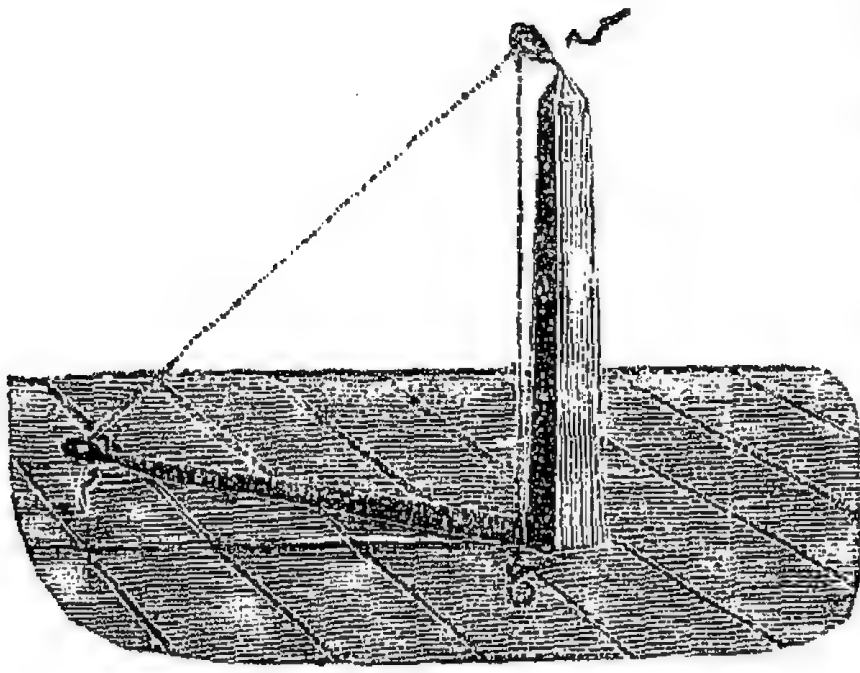
الفصل الثالث

المزاول والشواخص

٣٣٩ - معرفة الاوقات - لمعرفة الاوقات تستعمل آلات تسمى ساعات وهي الآلات
 المعروفة التي توضع عادة في الجيب أو تعلق على الحائط وتبين الساعات النجمية والساعات
 الشمسية الوسطية وأما الساعات الشمسية الحقيقية فلا يمكن بيانها بالضبط بهذه الآلات
 بل تستعمل آلات أخرى تسمى مزاول وهي مشهورة من قديم الزمان وهي كالشواخص تعطى
 الساعة بواسطة الظلال المسقوطة من محور ثابت على مستوى

وعمل مزولة يقتضي قبل كل شيء تخطيط خط زوال المحل الذي فيه يصير تركيب المزولة وقد علم
 فيما تقدم تعيين ذلك الخط فاما الشاخص الذي كان مستعملاً عند الاقدمين فلم يكن في الاصل
 سوى الجهاز الذي رأيناه يستعمل لتخطيط خط الزوال بطريقة الظلال المتساوية وكان الساق
 البسيط معوضاً بمسلة عظيمة قائمة في محمل مكشوف تنتهي من اعلى بكرة أو بشكل آخر حيثما
 اتفق وظل هذه الكرة هو الذي كانت تعلم أوضاعه المتوالية والافضل من الكرة هو التي
 المدقوب بثقب صغير

٣٤٠ - ارتفاع الشمس - ميل الدائرة الكسوفية - فالشاخص يستعمل في الاصل لقياس ارتفاع الشمس وقت الزوال في الاوقات المختلفة من السنة لانه يتكون من



المركز م لصورة الشمس (شكل ١٢٠) ومركز الفتحة سم وموقع الرأسى النازل من هذه النقطة الاخيرة على الارض وهى ح ثلاثة رؤس مثلث قائم الزاوية ضلعاه سم ح و م ح معلومان لان الطول م ح يقاس بسهولة في اليوم الحاصل فيه الرصد فتستخرج الزاوية سم ح أعنى الارتفاع الزاوى للشمس فوق الافق

وبهذه الطريقة قد عين الفلكيون الاول ميل الدائرة الكسوفية وذلك انهم قاسوا بواسطة الشاخص أعظم ارتفاع الشمس في يوم المنقلب الشتوى وأعظم ارتفاع لها في يوم المنقلب الصيفى فنصف فرق هذين الارتفاعين يكون هو الزاوية الواقعة بين الدائرة الكسوفية ودائرة المعتدل

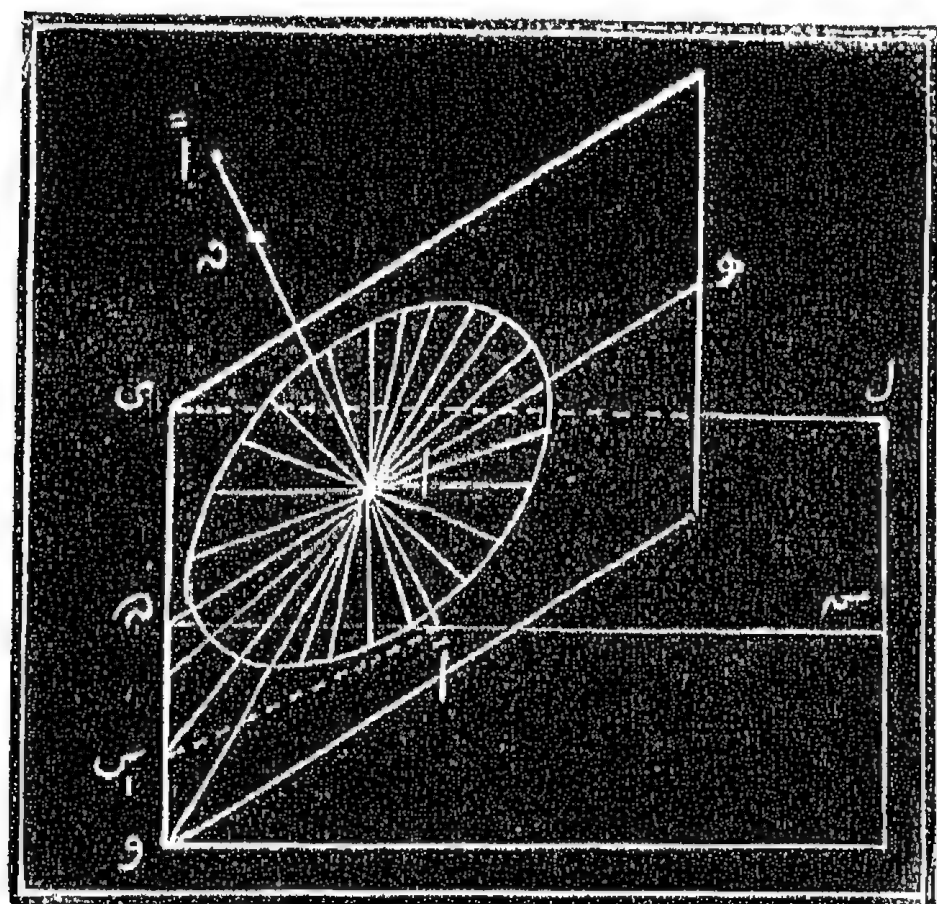
٣٤١ - المزاوِل - تتركب المزاوِل من مستويين ثابت عليهما شاخص مواز لمحور العالم يدل وضع ظله على الزمن الحقيقى . ولما كانت الشمس ترسم كل يوم موازيا عماديا في نصف الكرة الشمالى أو فى نصفها الجنوبى فانها تنير وجه مستوى دائرة المعتدل نحو القطب الشمالى أو الجنوبى فاذا فرضنا ان الموازى المرسوم مقسوم الى ٢٤ جزءا متساوية فكل جزء منها يحتوى على قوس درجه $\frac{360}{24}$ أو ١٥ ترسمه الشمس فى مدة ساعة ومتى مرت الشمس بزوال المحل يكون نصف نهار حقيقى وينطبق ظل الشاخص على مستقيم ما من مستوى دائرة المعتدل ويمرورها على دوائر الميل الاخرى المسماة دوائر ساعية ينطبق ظل الشاخص على مستقيمت اخرى من مستوى دائرة المعتدل والمستقيمت التى ينطبق عليها ظل الشاخص ما هى الا آثار المستويات الساعية على مستوى دائرة المعتدل وبخطيط الاثرات المذكورة تعين الساعة أو الوقت بانطبق ظل الشاخص عليها

وسنذكر طرق رسم الثلاثة أنواع من المزاوِل الابطسط ما يكون والاكثر استعمالا وهى المزاوِل المعتدلة والمزاوِل الافقية والمزاوِل الرأسية

٣٤٢ - المزاوِل المعتدلة - تصور مستويين ثابتين بالتوازى لدائرة المعتدل فآثره على مستوي

افقي هو خط ي و (شكل ١٢١) العمودي على خط الزوال د ه ويبين التقاطع الشرقي

والغرب من الافق وأُرمستوى
الزوال على ذلك المستوى هو خط 90°
العمودى على Y و W ويكون مع خط
الزوال زاوية تساوى متمم عرض
البلد



ش ۱۶۱

ثم يوضع شاخص في نقطة أ من
المستوى المعلوم يكون عموديا عليه
فهذا الشاخص يكون موازيا لمحور
العالم ومائلا على الافق بزاوية تساوى
عرض البلد

ثم نجعل موقع الشاخص من كز او نرسم محيط دائرة ونقسمها بالابداء من القطر \odot هـ الى
 ٢٤ جزءا متساوية بانصاف أقطار متباعدة عن بعضها بالتساوى فهذه الانصاف أقطار تكون
 هي أثلاث ٢٤ دائرة ساعية على مستو مواز لدائرة المعدل وحيث ان الشاخص موجود
 في كل مستوى من هذه المستويات الساعية فهو عبارة عن خط تقاطعها المشترك ومتى وجد
 من كز الشمس في أحد هذه المستويات الساعية ينطبق ظل الشاخص كذلك على نصف القطر
 الدال على أثر هذا المستوى الساعى وبذلك يبين وقت لحظة الرصد والخط \odot هـ هو الساعة
 التى فيها تكون الشمس فى مستوى الزوال أعنى نصف النهار الحقيقى فيمرب بمرة ١٢ ساعة
 وجميع الخطوط الموضوعة غرب ذلك الخط تبين ساعات قبل الظهر والتى فى شرقه تبين ساعات
 بعد الظهر والقطر الافقى يبين الساعة السادسة صباحا والساعة السادسة مساء ومن الواضح
 ان مدة الربيع والصيف توجد الشمس فى نصف الكرة الشمالى وتثير الوجه العلوى من المزولة
 ومدة الخريف والشتاء تثير الوجه السفلى منها وحينئذ فن الضرورى رسم المزولة على وجهى
 المستوى وحيث ان الشمس وقت الاعتدالين تكون فى مستوى دائرة المعدل أى فى مستوى
 المزولة فن اللزوم عمل شفة أو بروز فى نهاية مستوى المزولة لاجل أن ينسقط عليه ظل
 الشاخص

وتصنع من اول معتدلة شفاقة تسمح برؤية الساعة على وجه واحد من المزالة في جميع اوقات السنة

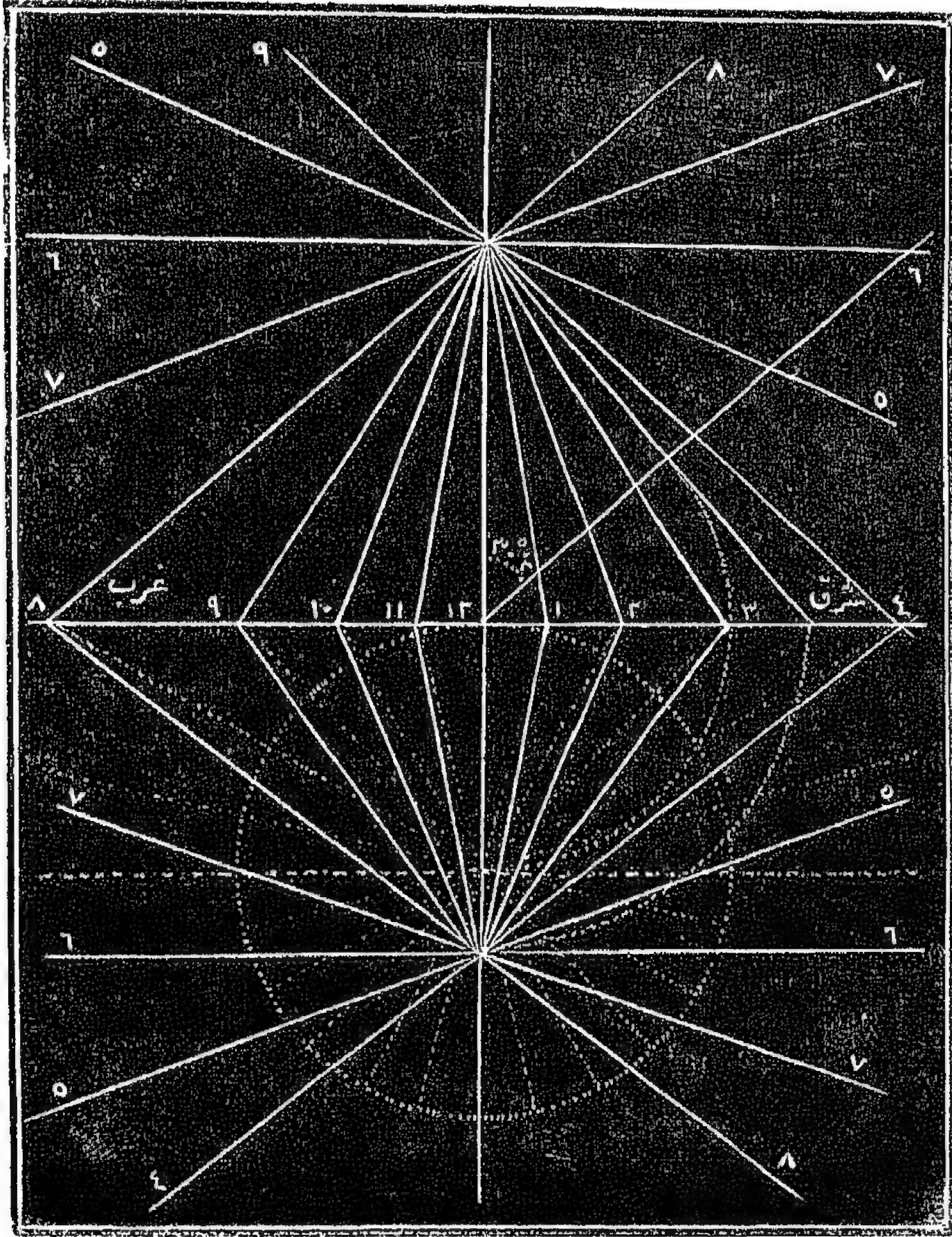
٣٤٣ - المزولة الأفقية - نداء الشاخص في الغاية المستوى الأفقي في أ وعند الخط أسب لغاية الأثرى و في س ثم نصل أسب فهذا الخط الأخير هو أثر الدائرة الساعية المبين للساعة عشرة على المستوى الأفقي وظل الشاخص ينطبق حينئذ على الخط أسب في هذه الساعة وبعمامة مشابهة يحصل على الأثر الأفقي للدوائر الساعية الأخرى واجتماعها يكون المزولة الأفقية التي فيها الشاخص يكون دائماً موازياً لخط القطبين والغالب تركيب المزاوول الأفقية على شبالة أو على عمدان قصيرة في الجناين وتصنع سهلة النقل لان استعمالها يقتضى سهولة في تركيبها

٣٤٤ - المزولة الزوالية الرأسية - اذا امر بالخط وى (شكل ١٢١) مستوى رأسي فان شاخص المزولة المعتدلة يقابل هذا المستوى في نقطة مثل أ اذا وصل منها الى جميع نقط تقابل الخطوط الساعية للمزولة المعتدلة مع وى فان كل واحد من الخطوط المتحصلة بهذه الكيفية يكون في الدائرة الساعية المطابقة بحيث ان ظل الشاخص ينطبق عليه متى وجدت الشمس في هذه الدائرة بالضبط وبهذه الكيفية يحصل على مزولة رأسية وحيث ان مستويها مارب بخط الشرق والغرب ووجهها نحو الجنوب فتكون مزولة زوالية ويرى ان المزولة التي بهذه الصورة لا تعطى الاست ساعات قبل الظهر الى ست بعده وهي كافية لفصل الخريف والشتاء وأما المزولة التي وجهها نحو الشمال فانها تبين مع ذلك الساعات السابقة للساعة السادسة قبل الظهر والساعات اللاحقة للساعة السادسة بعد الظهر في الربيع والصيف

٣٤٥ - المزولة المنحرفة - المزاوول الرأسية ترسم عادة على حيطان المنازل أو حيطان العمارات العمومية ولكن حيث يندر وجود هذه الحيطان في اتجاه عمودي على مستوى الزوال فيرسم عليها باتجاه القواعد عينها من اول رأسية تسمى حينئذ منحرفة والمزاوول تبين الساعات المعطاة بالشمس أعنى الزمن الحقيقي فاذا أريد استعمالها لتنظيم الساعات الدفاعة وساعات الجيب يلزم تصليح ما بين المزاوول بتعديل الزمن في اليوم الجارى فيه الرصد وبذلك يحصل على الزمن الوسطى

وفي (شكل ١٢٢) يبين كيفية تخطيط الخطوط الساعية لمزولة أفقية والخطوط الساعية لمزولة رأسية زوالية بناء على مزولة معتدلة مرسومة من قبل وتحل هذه المسئلة بواسطة الهندسة الوصفية فالخطوط المنقطة المرسومة على المستوى الأفقي هي الخطوط الساعية للمزولة المعتدلة مطبقة على المستوى الأفقي وهذه الخطوط تقاطعها

مع خط الارض تعطى النقط اللازم وصلها مع أثر الشاخص الرأسى أو الافقى للحصول على
الخطوط الساعية لكل منزولة وأما هذان الاثران فهما اثر اخط يمر بمرکز المنزولة المعتدلة
ويصنع مع المستوى الافقى زاوية تساوى عرض البلد



ش ١٢٣ رسم المزاويل الافقية والرأسية

خاتمة

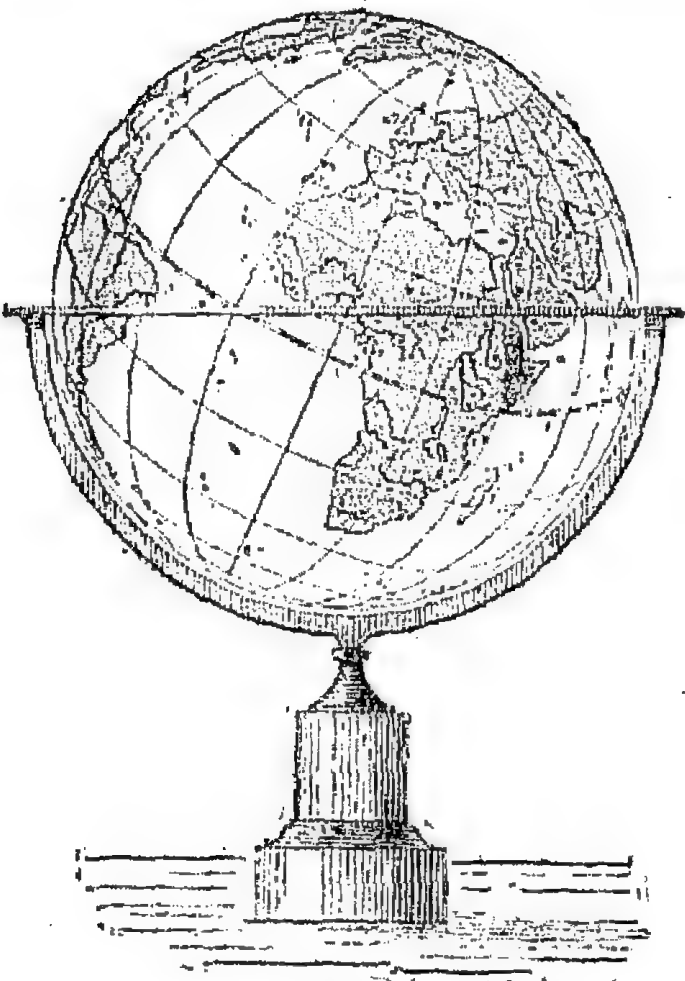
الخريطة الجغرافية

الفصل الأول

الكرات الصناعية - المساقم

٢٤٦ - الكرات الصناعية والخريطة الجغرافية الأرضية - الطريقة التي يتبين بها سطح الأرض بالضبط هي عمل كرة صناعية ورسم على سطحها خطوط جانبية وموازيات ثم يعلم عليها موضع جميع المحلات التي أطوالها وعروضها معينة بالضبط وبهذه المثابة فإن ضبط حدود القارات وأشكال الممالك ومجاري الأنهر وسلاسل الجبال وغير ذلك لا يتعلق إلا بضبط الأدلة التي استعملت لعمل الرسم (شكل ١٢٣)

ولكن لما كانت الكرات الصناعية بسبب كبرها وثقلها يصعب نقلها أو جعلها الرزم البحث عن الطرق التي يمكن بها بيان الكرة الأرضية بأكملها أو أجزاء من سطحها وذلك برسم التفاصيل الجغرافية على مستو وتسمى هذه الأدلة الجغرافية خروطا والخريطة التي تبين سطح الأرض



ش ١٢٣ كرة أرضية

بجميعه تسمى (مابوند) فإذا كان سطح الأرض اسطوانيا أو مخروطيا أمكن فردة على مستو بدون أن يتغير مطلقا تماثل الأجزاء وأبعادها النسبية لكن الأرض هي تقريبا كروية وانفرادها مستحيل بالكلية بحيث أن الخريطة المستوية تكون بالضرورة دلالة غير تامة للأرض أو لجزء منها فتارة يتغير شكل الأجزاء وتارة أبعادها أو الاثنين معا إذا اشتملت الخريطة على جميع سطح الأرض أو على جزء عظيم منها والمابوند هي اجتماع خريطتين منفصلتين كل واحدة منهما ما تبين نصف كرة ولا نشأ من استعمال طريقتان أصليتان

الطريقة الاولى تسمى طريقة المسقط العمادى وهى عبارة عن استقاط جميع النقط التى يراد رسمها على الماسحوندى بواسطة أعمدة على دائرة عظيمة من الكرة الارضية والطريقة الثانية تسمى طريقة المنظور وهى عبارة عن منظور نصف كرة على الدائرة العظيمة المحددة لها فيه نقطة النظر فى طرف القطر العمودى على مستوى المسقط المتقابل لنصف الكرة المعتبر

وسنشرح هاتين الطريقتين المستعملتين لرسم الخطوط الجانبية والموازيات المكونة للماسحوندى

٣٤٧ - طريقة المسقط العمادى - فى هذه الطريقة يؤخذ مستوى المسقط دائرة عظيمة من الكرة كدائرة جانبية أو خط الاستواء وحيث ان جميع نقط السطح الكروى مسقطه باعمدة نازلة منها على مستوى المسقط ينتج

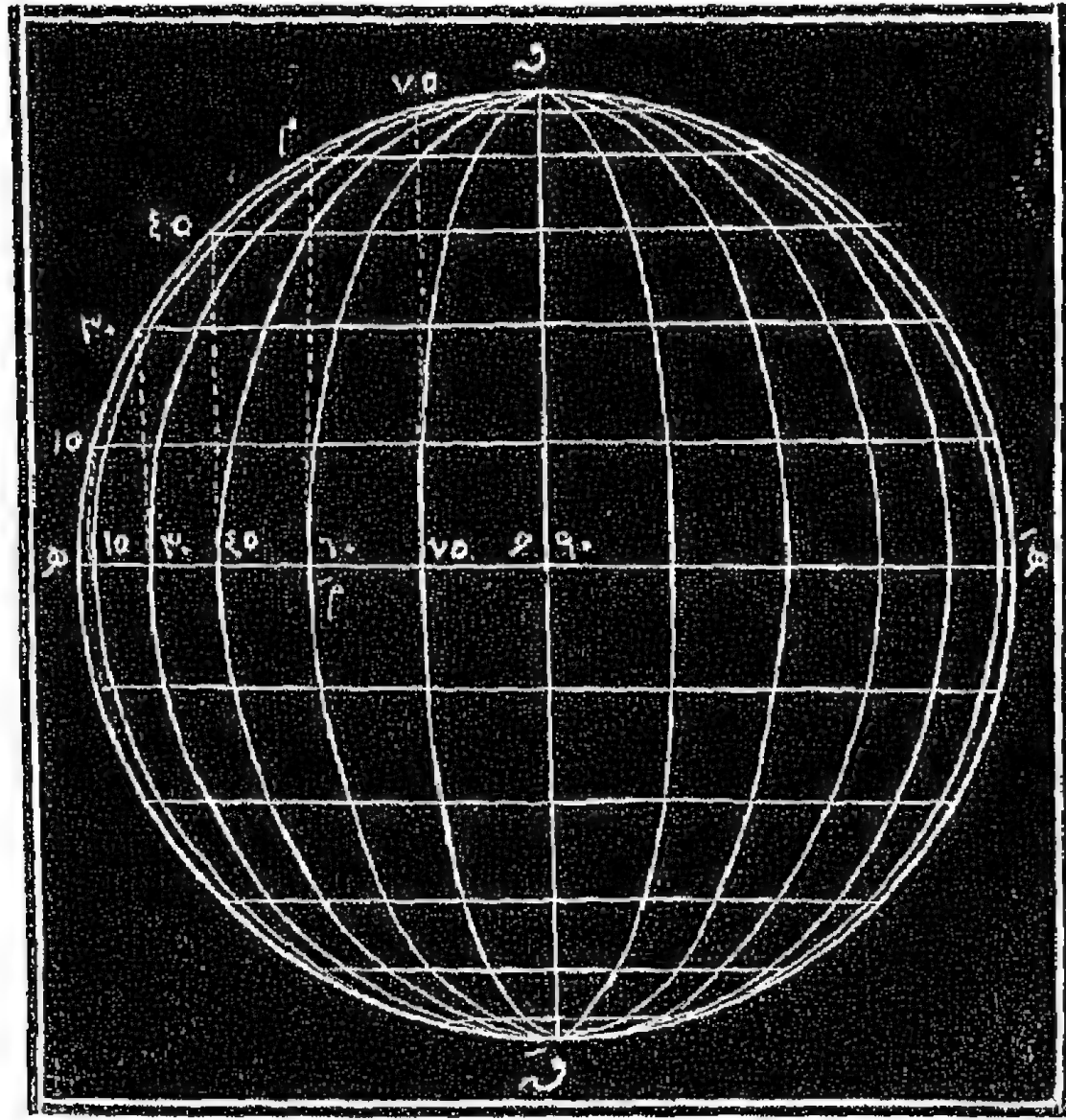
أولا - ان الدائرة التى مستويها عمودى على مستوى المسقط تنسقط على خط مستقيم
ثانيا - ان الدائرة التى مستويها مواز لمستوى المسقط تنسقط على دائرة نصف قطرها كنصف قطر الدائرة المسقطه

ثالثا - ان الدائرة التى مستويها مائل على مستوى المسقط تنسقط على قطع ناقص محوره الاكبر يساوى قطر الدائرة مضروباً فى جيب تمام زاوية ميل المستويين

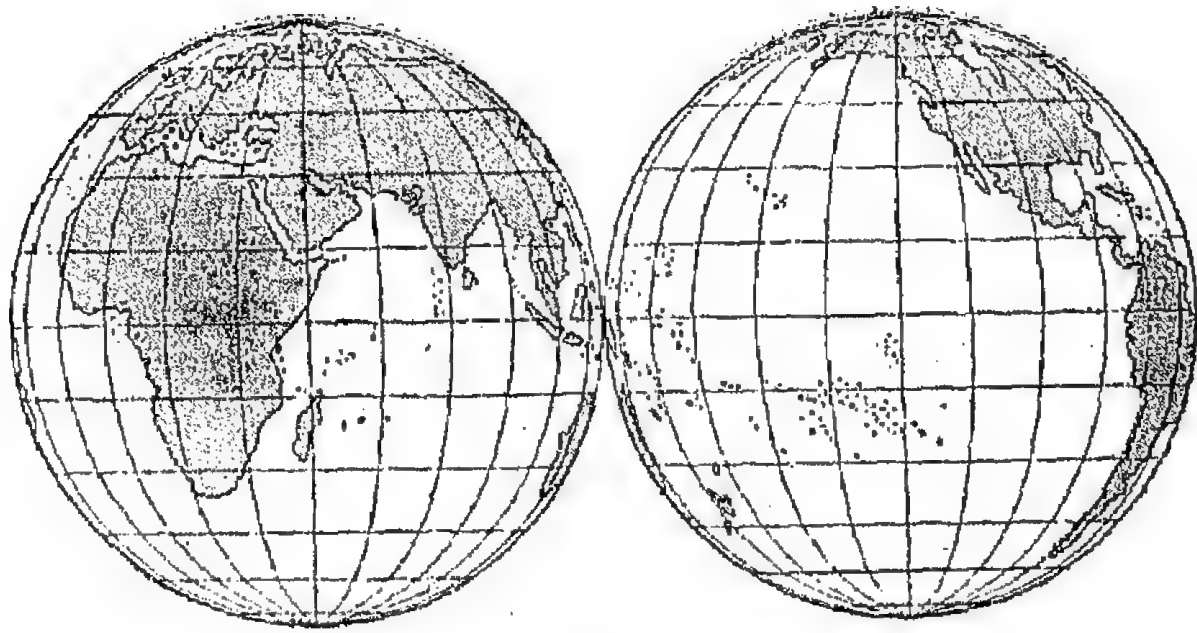
٣٤٨ - المسقط على دائرة جانبية - المستوى الجانبي الذى يسقط عليه هو دائرة عظيمة أحد أقطارها يدل على خط الاستواء وجميع الموازيات تنسقط على خطوط مستقيمة موازية لذلك القطر ولاجل رسمها يقسم نصف المحيط المحصور بين القطبين الى أقواس متساوية تدل على العروض من ١٠ الى ١٠ أو من ١٥ الى ١٥ مثلاً ثم يمد من جميع نقط التقاسيم خطوط مستقيمة موازية للمستقيم الدال على خط الاستواء

والمستوى الجانبي الكائن على بعد ٩٠ من مستوى المسقط يكون ممينا بقطر عمودى على خط الاستواء وطرفاهما القطبان وجميع المستويات الجانبية الاخرى مساقطها اقطاعات ناقصة محورها الاكبر المشترك هو خط القطبين ويسهل تعيين المحور الاصغر لكل منها بان تصور أن خط الاستواء انطبق على مستوى الشكل فأثرات المستويات الجانبية على هذا المستوى هى انصاف الاقطار التى مثل حـ م (شكل ١٢٤) فاذا أنزل العمود مـ م على هذه نقطة م تكون هى مسقط نقطة م من المستوى الجانبي وخط حـ م يكون هو المحور الاصغر للقطع الناقص و يساوى جيب تمام طول المستوى الجانبي

وحيث علم المحور الأكبر والمحور الأصغر للقطع الناقص يمكن رسمه (شكل ١٢٤ و ١٢٥)



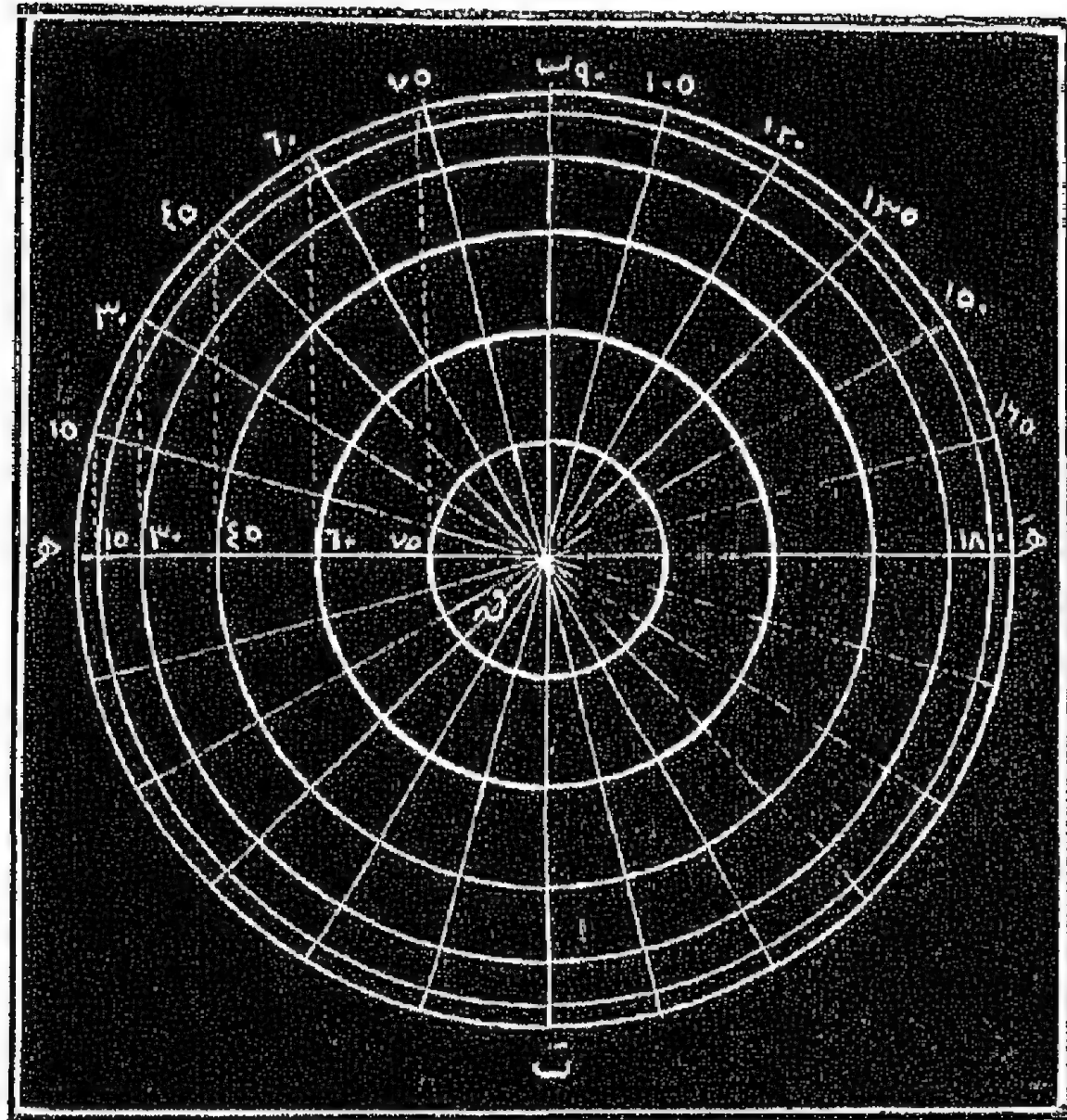
ش ١٢٤ المسقط العمادي على مستوى جانبي



ش ١٢٥ ماعون المسقط العمادي على مستوى جانبي

٣٤٩ - المسقط على خط الاستواء - (شكل ١٢٦) اذا جعلت دائرة خط الاستواء
مستوى مسقط لجميع المستويات الجانبية العمودية على مستوى خط الاستواء تكون
مبينة باثراتها أعني بانصاف أقطار دائرة الاستواء المذكورة بقسمة خط الاستواء الى أقواس
متساوية تقدر الأطوال ترسم الخطوط الدالة على المستويات الجانبية وأما الموازيات فانها

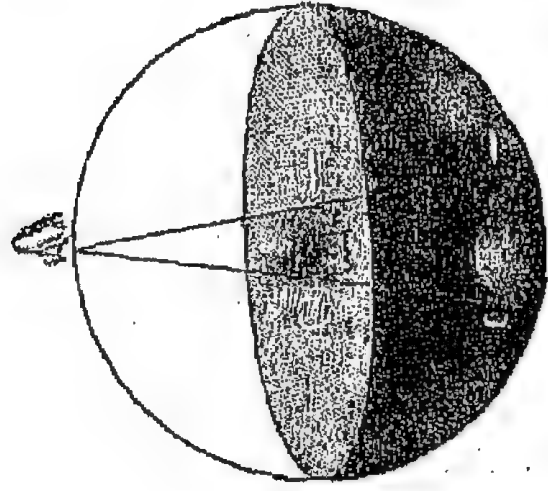
تسقط بمقاديرها الحقيقية على دوائر مركزها مركز دائرة مستوى المسقط وبفرض انطباق
المستوى الجانبي ه ه على مستوى المسقط تسقط على ه ه نهايات الاقواس التي تدل
حينئذ على عروض الموازيات المختلفة وهذا يرجع الى اخذ أطوال مساوية لانصاف أقطار
هذه الموازيات بالابتداء من المركز



ش ١٢٦ المسقط العمادي على خط الاستواء

٣٥٠ - عيوب وهن اياطريقة المسقط العمادي - خطأ طريقة المسقط العمادي
يكون معدوماً في المركز ويأخذ في الازدياد من المركز نحو اطراف فالدائرة الصغيرة من الكرة
تسقط في المركز بمقاديرها الحقيقية وبمجرد تباعد مركزها عن النقطة التي هي أكثر ارتفاعاً من
نصف الكرة فان القطع الناقص الذي يكون مسقطها يستطيل شيئاً فشيئاً ومحوره الأكبر
يبقى ثابتاً لكن محوره الأصغر يأخذ في النقص بحيث تمام ميل مستوى الدائرة على مستوى
المسقط وفي الآخر فيصير معدوماً ومسقط الدائرة يؤول الى خط مستقيم والمساقط العمادية تتغير
حينئذ تشابه أشكال السطح وتغير المسامح كذلك ولا توافق حينئذ البيان الاجزاء المركزية
ولذا تستعمل لرسم الاقطار المجاورة للاقطاب وفي هذه الحالة يكون مستوى المسقط هو مستوى
خط الاستواء

٢٥١ - المسقط بطريقة المنظور - في هذه الطريقة تستعمل الدائرة العظيمة التي تقسم الكرة الى نصفين مرتين مستوى مسقط لكل من النصفين المذكورين وطرفا قطر الكرة العمودي على مستوى المسقط هما نقطتا النظر والشعاع البصري الواصل لنقطة من السطح الكروي يخترق مستوى المسقط في نقطة تكون هي منظور النقطة الاولى . ومنظور خط حيثما انفق من السطح هو تقاطع ذلك المستوى (مستوى المسقط) بالمخروط المتكون من جميع الاشعة البصرية الواصلة الى جميع نقط الخط ومتى كانت النقط المختلفة من خط في مستوى واحد ما بنقطة النظر يكون منظور هذا الخط

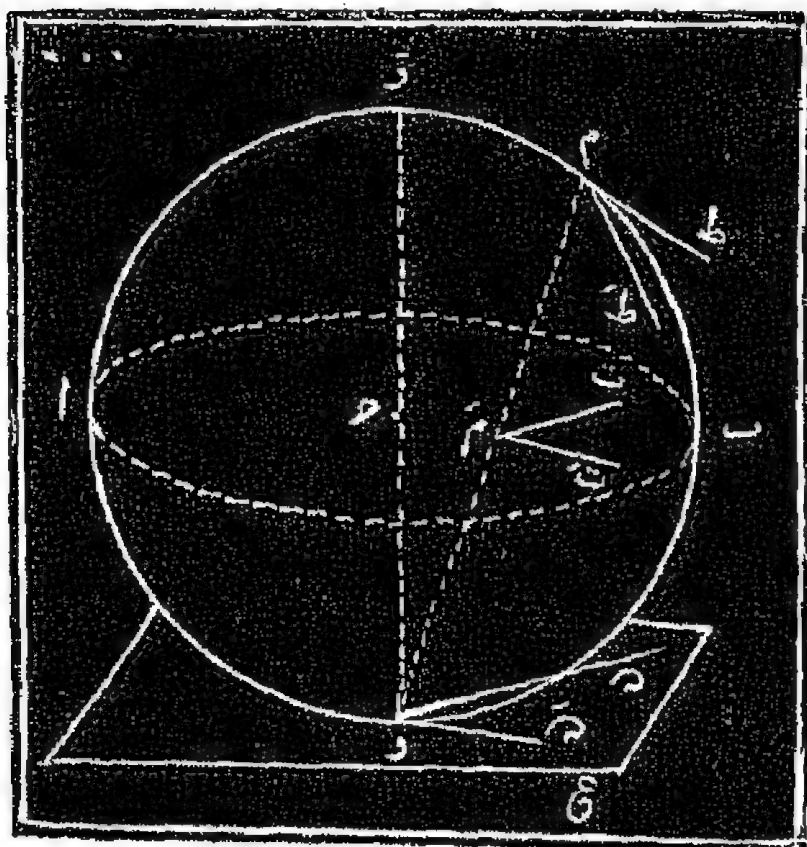


ش ١٢٧

خطا مستقيما (شكل ١٢٧)

والخاصية الاساسية لطريقة المنظور هي انها تحتفظ الزوايا ولذا انها لا تغير تشابه الاشكال وانما تغير المساح وهذه الخاصية تنحصر في ثلاث مسائل وهي التي تستعمل لانشاء المستويات الجانبية والموازيان

٢٥٣ - المسئلة الاولى - منظور خطين من السطح متقاطعين على زاوية ما هما خطان صانعان بينهما زاوية مساوية لهما - ليكن ا ب (شكل ١٢٨) دائرة عظيمة هي



ش ١٢٨

مستوى المسقط ونقطة و هي نقطة النظر و م ط و المماسين للمنحنين من السطح اللذين يتقاطعان في نقطة م وان ط م ط هي الزاوية التي تقدر زاوية الخطين المعلومين في المسئلة (ويحصل على منظور م ط مثلا بمدة الى ان يقابل مستوى المنظور ثم وصل نقطة التقابل بنقطة م) فنظورها هي الزاوية ت م ت المتكوّنة بين منظوري المماسين والمستويات المحددة لهذه المنظورات تقطع سطح الكرة في قوسين

من دائرة صغيرة يمران بنقطة النظر و فزاوية هذين القوسين تقدر بزاوية المماسين و و كزاوية المماسين م ط و م ط لانه اذا م ط و م ط الى أن يقابلا المستوى المماس للكرة في نقطة و في نقطتين يتحصل و و و ويحدث مثلثان م و و

و $\angle م د و$ فيهما $\angle م د و = \angle م د و$ لانهما مماسان للكرة من نقطة واحدة و $\angle د و = \angle م$ كذلك و $م و$ مشترك فتكون زاوية $م = و$ أعني

$$\angle د و = \angle م ط$$

(١)

وحيث ان المنظورين $م ت$ و $م ت$ موازيان على التناظر للمماسين الممدودين من و لان مستوى المسقط بالضرورة مواز للمستوى المماس في هذه النقطة الأخيرة يكون

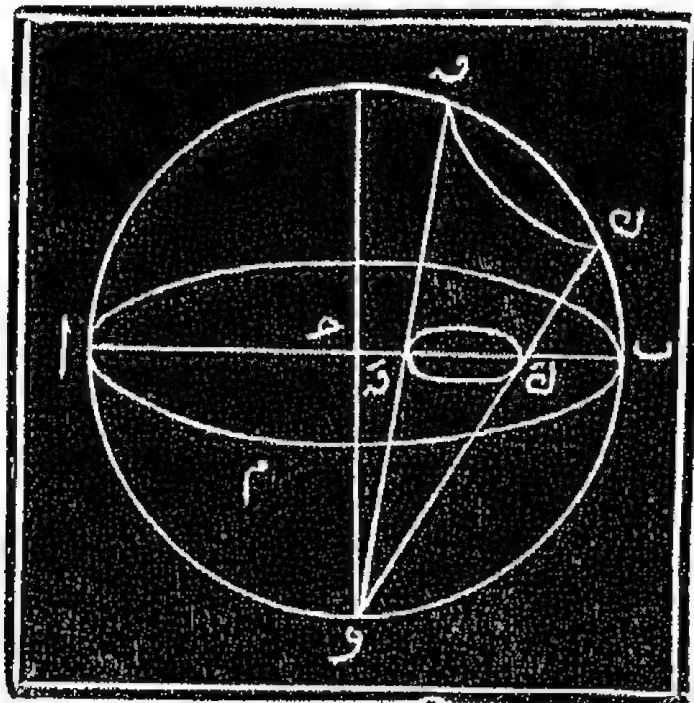
$$\angle م ت = \angle د و$$

(٢)

ومن المتساويين (١) و (٢) يحدث

$$\angle م ط = \angle م ت$$

٣٥٣ - المسئلة الثانية . منظور دائرة من الكرة هو دائرة - ليكن اوب (شكل ١٢٩) دائرة عظيمة من الكرة عمودية على مستوى المسقط و ا ب أثرها عليه ونقطة و هي نقطة النظر وتعتبر على نصف الكرة



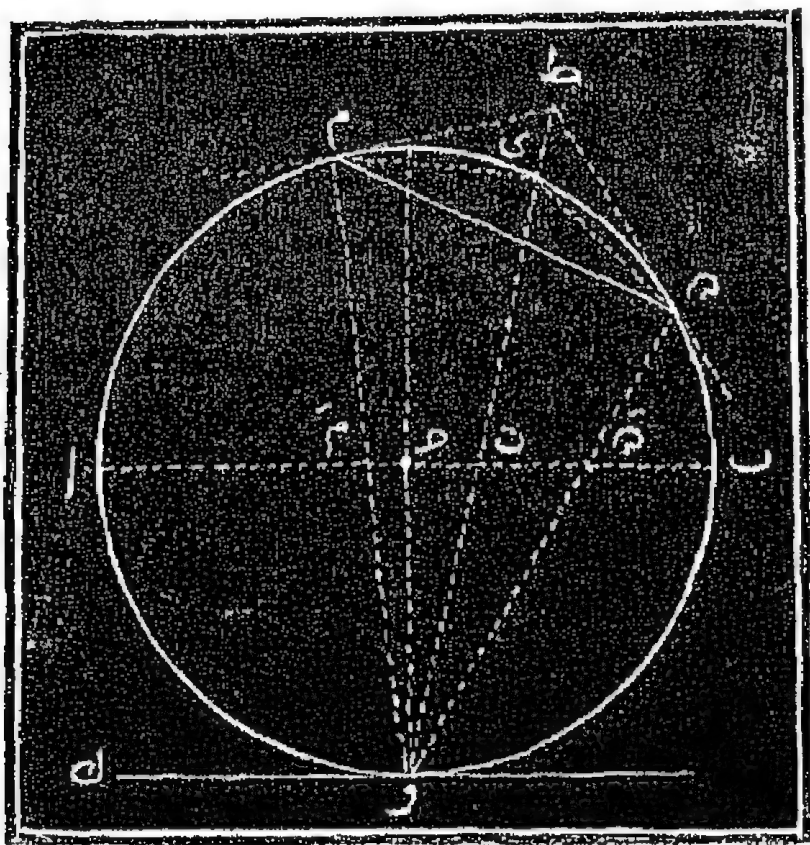
ش ١٢٩

المقابل دائرة و ك التي نفرضها في مستو عمود على مستوى الشكل فالخروط المتكوّن من الاشعة البصرية و و ك يقطع مستوى المسقط في منحن أثره على الشكل يكون هو الخط و ك ولا يثبت ان هذا المنحنى هو دائرة كذلك يكفي اثبات ان مستوى المسقط ا ب يكون قطاع شبيه الموازي في المخروط و و ك ذي القاعدة المستديرة (١)

لان الزاوية و و ك معيارها نصف القوس $\angle و ك = \frac{1}{r} (90^\circ + \angle و ك)$ والزاوية ا ك و معيارها $\frac{1}{r} (90^\circ + \angle و ك)$ أعني ان منظور الدائرة و ك هو دائرة كذلك

(١) المقاطع المحاذية في مخروط مائل ذي قاعدة مستديرة بمستويات موازية لهذه القاعدة هي بدايات محيطات دوائر غيرانية اذا قطع المخروط بمستوى مائل على أحد الراسمين الاصلين بزاوية تساوي ميل قاعدة المخروط على راسه الثاني فان المقطع المحاذي يكون دائرة أيضا واثبات ذلك في تطبيق الجبر على الهندسة تأليفنا

٣٥٤ - المسئلة الثالثة . منظور دائرة هودائرة من كزها من منظور رأس المخروط المرسوم



س ۱۳۰

على الكرة على حسب محيط هذه الدائرة -
 أي كن م ٥ قطر دائرة المنظور فيكفي اثبات
 أن نقطة ت التي هي منظور نقطة ط هي
 وسط م ٥ (شكل ١٣٠)

فَنُثِّلَ الْمِثْلَ مَوْتٍ يَحْصُلُ

$$\frac{\text{مات}}{\text{وت}} = \frac{\text{حاموت}}{\text{حاموت}} = \frac{\text{حاموت}}{\text{حاموت}}$$

$$\frac{\frac{\text{ط}}{\text{م}}}{\text{ط}} = \frac{\frac{\text{ط م}}{\text{م}}}{\text{ط م}} =$$

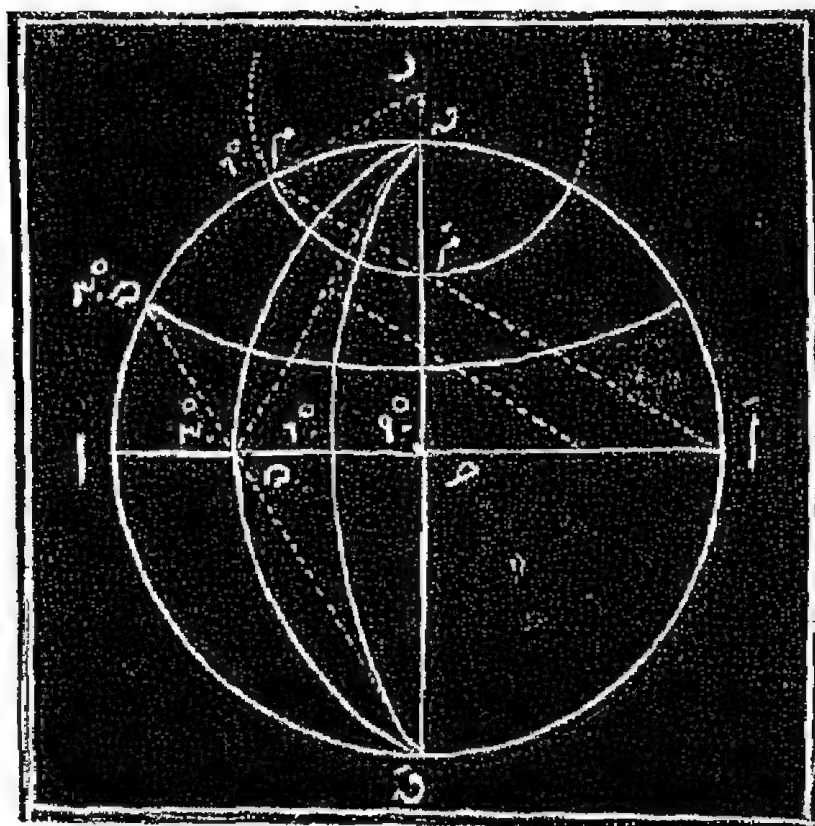
ومن المثلث وثلاثة يتحصل كذلك

$$\frac{\text{طے}}{\text{ط}} = \frac{\text{حاطہ عے}}{\text{حاطہ عو}} = \frac{\text{حافوت}}{\text{حافوت}} = \frac{\text{فوت}}{\text{فوت}}$$

وَبُخَصِلَ

$$\frac{م}{و} = \frac{ط}{و} \quad , \quad \frac{م}{و} = \frac{ط}{و} \quad \text{و یحدث} \quad م = و$$

٣٥٥ - المستط على مستوي جانبي - بناء على الثلاث مسائل التي أثبتنا هائيهل
رسم الخطوط الجانبية والموازيات الارضية المستط بطريقة المنظور ويؤخذ في الغالب كمستوى



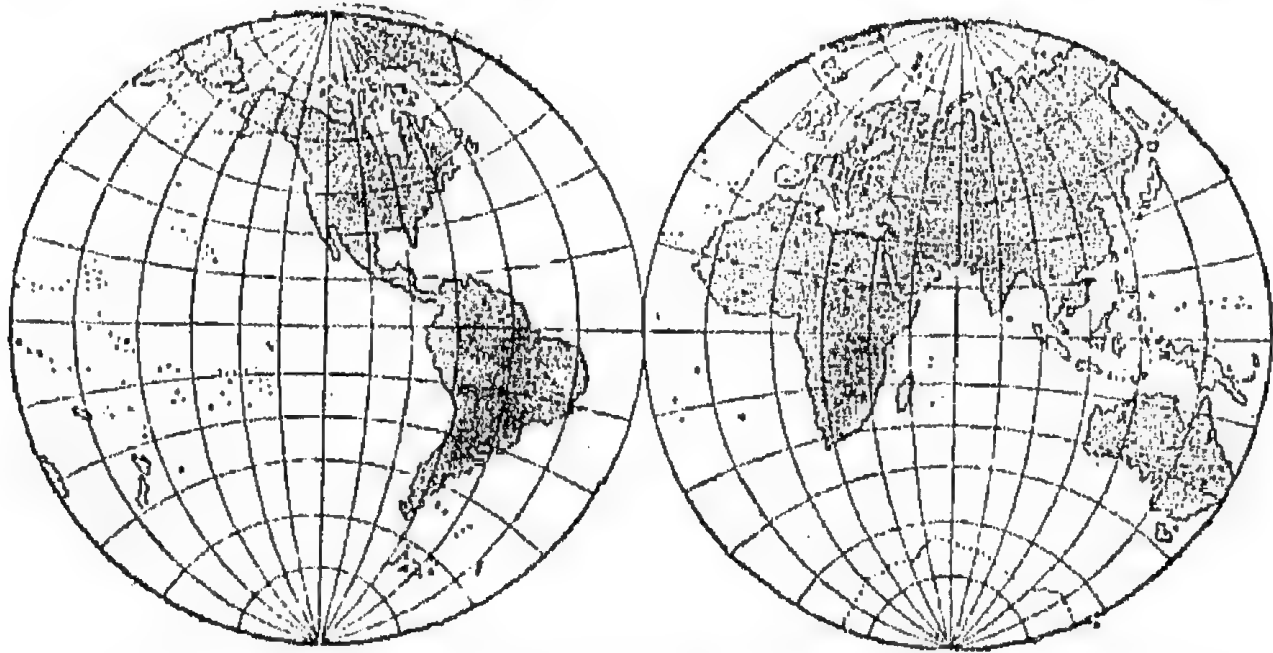
المسقط بطريق المنظور على مستوى جانبي

۱۳۱۲

مسقط أحد المستويات الجانبية أو مستوى
خط الاستواء وأحياناً مستوى أفق المحل
وسنبين بالإيجاز الانشاء الهندى للرسم بكل
من هذه الطرق مبتدئين بالمسقط على
مستوى جانبى

ليكن $ا$ آن (شكل ١٣١) الدائرة
العظيمة الدالة على المستوى الجانبي ونقطة
النظر موضوعة في أحد طرفي القطر العمودي
على مستوييه وموجودة في آن واحد في
مستوى خط الاستواء وفي المستوى الجانبي

الكائن على بعد ٩٠° من الاول مستوى خط الاستواء يمين بالمستقيم ١١° والمستوى
الجانبى العمودى على مستوى المنظور يمين بالقطر ٧° العمودى على ١١° و ٧° و ٧°
هما القطبان وللحصول على الدائرة التى تكون منظور الموازى حيثما اتفق وليكن موازى
 ٦٠° مثلاً يلاحظ أن منظور المركز يوجد على خط القطبين الذى هو الجامع لرؤس جميع
المخاريط المرسومة على الكرة وقواعد هاتلك الموازيات وعلى المماس الممدود بنقطة قسم
 ٦٠° من المستوى الجانبى المعلوم لان نقطة و تكون فى مستوى المنظور ويكون منظورها
نفسها وهى منظور رأس المخروط الذى قاعدته الموازى عمرة ٦٠° وعليه تكون هى مركز
منظور الموازى المذكور وحيث تكون فى و التى هى تقاطع هذين الخطين

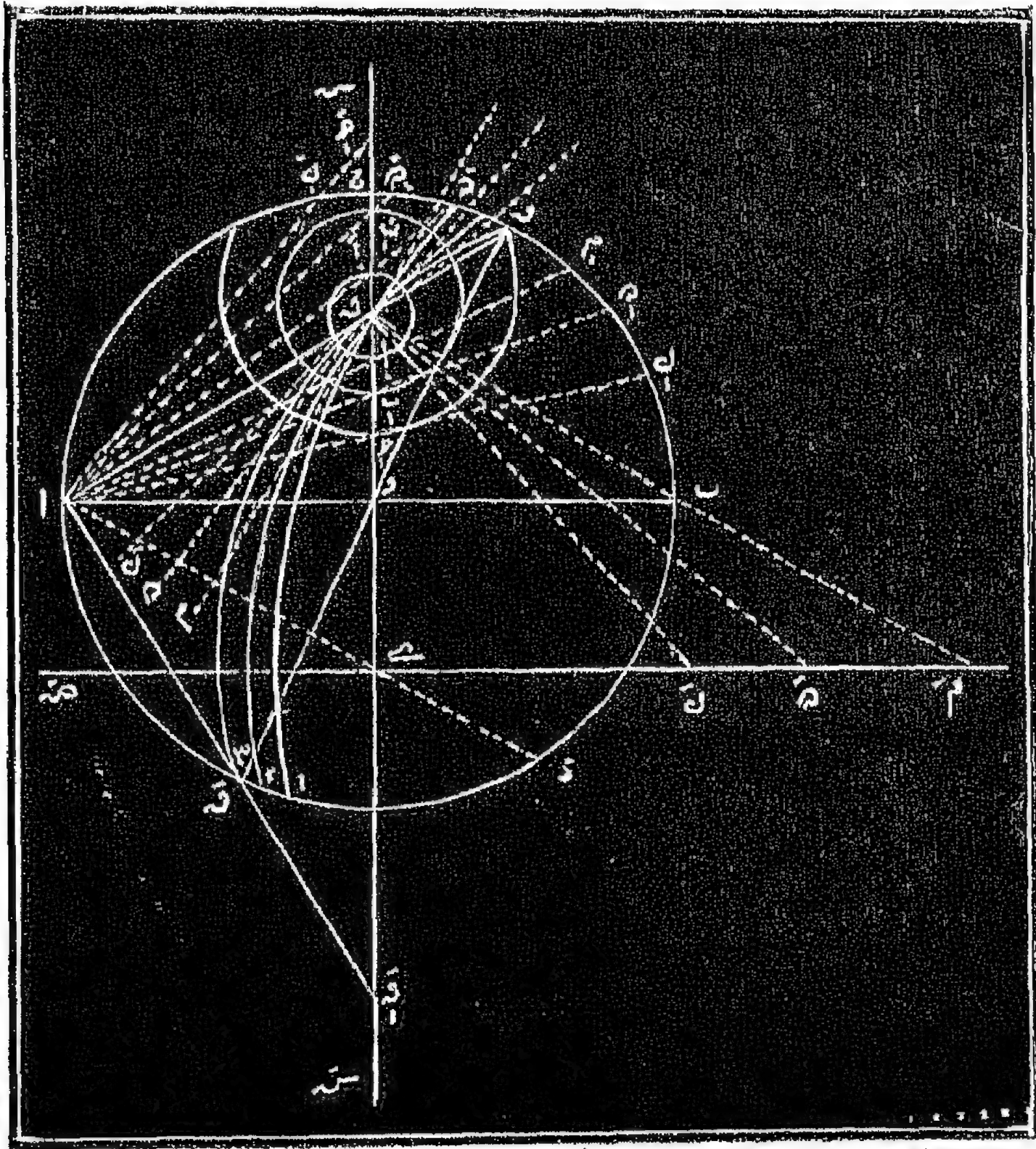


ش ١٣٢ ما يوضح المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبى

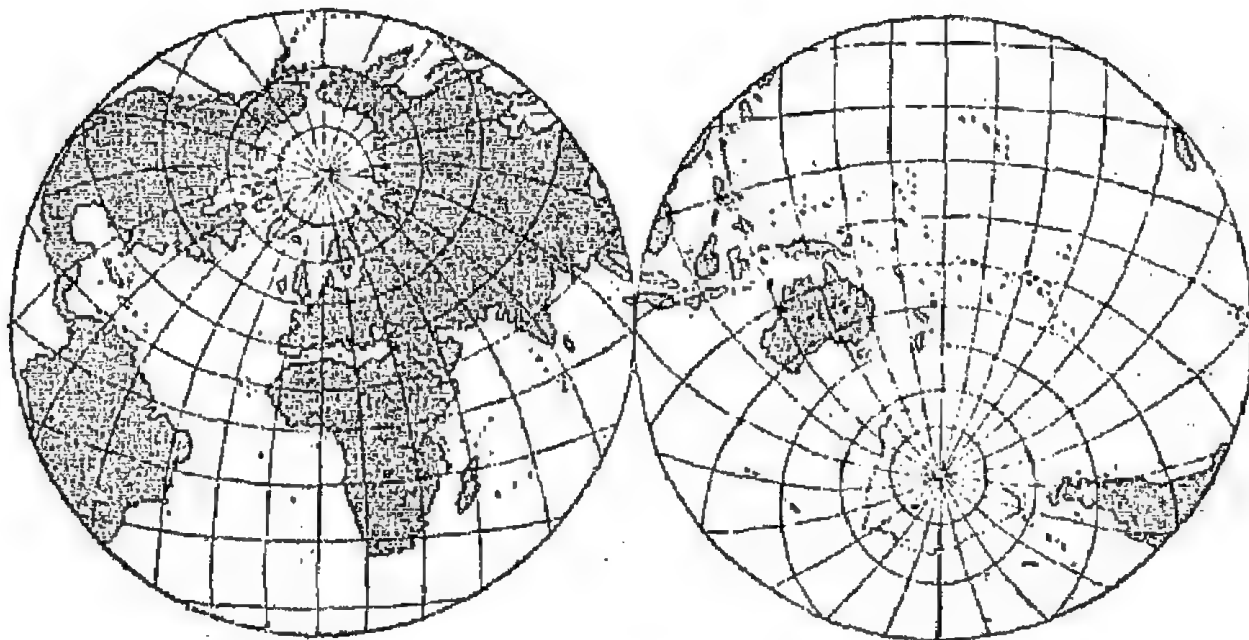
ويمكن إيجاد المركز و بطريقة أخرى وهى ان نفرض انطباق المستوى الجانبى المشتمل على
نقطة النظر على مستوى الشكل فهذه النقطة تصير ١١° فنصل الشعاع البصرى الذى ينتهى
الى القسم ٦٠° فهذا الخط يعطى فى م منظور النقطة التى فيها موازى ٦٠° يقطع المستوى
الجانبى المشتمل على نقطة النظر والخط م م هو وتر الدائرة المبحوث عنها التى مركزها يوجد
على العمود المقام من وسط الوتر المذكور

ولانشاء مسقط أحد المستويات الجانبية وليكن المستوى الجانبى ٣٠° مثلاً يلاحظ ان
القطبين و و هما نقطتان من هذا المسقط ويكفى حينئذ إيجاد نقطة ثالثة منه ولذا
يفرض انطباق مستوى خط الاستواء على مستوى الشكل فنقطة النظر تصير فى و
والنقطة التى فيها المستوى الجانبى المطلوب يقطع خط الاستواء تصير فى نقطة قسم ٣٠° بعد ١
والشعاع البصرى و يقطع ١١° فى نقطة و تكون هى منظور النقطة الثالثة المبحوث
عنها ويتم باقى الرسم على حسب قواعد الهندسة المعروفة

و (شكل ١٣٢) يبين ما يوضح المسقط بطريقة المنظور على مستوى جانبى



ش ١٣٤



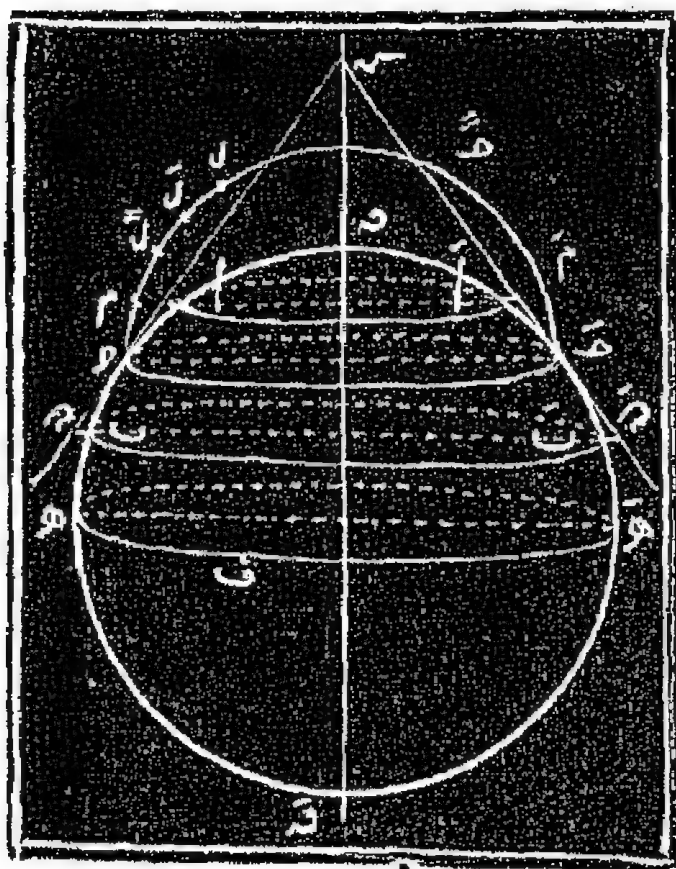
ش ١٣٥ ما يورثها المسقط بطريقة المنظور على الافق

واللغرض على مساقط المستويات الجانبية يعلم ان مساقطها تصنع بين بعضها زوايا هي عين
الزوايا التي تصنعها نفس المستويات الجانبية وبناء على ما تقدم اذا ما دبال القطب θ بجهة
مستقيمت تكون مع بعضها اومع θ زوايا متساوية من ١٠° الى ١٠° مثلاً لتكون

هي منظورات مماسات للمستويات الجانبية الممدودة بالقطب . وحيث ان مساقط هذه
المستويات الجانبية هي دوائر تمر بالنقطتين $ق$ و $ق'$ فلرسمها يدعى بمقتصف الخط $ق ق'$
وهي $ص ص'$ توجد عليه جميع مراکز منظورات الدوائر الجانبية
(شكل ١٣٥) بين ما يوند المسقط بطريقة المنظور على الافق

٣٥٨ - من ايا و عيوب المسقط بطريقة المنظور - المزية الاصلية للمسقط بطريقة
المنظور تنبع من خاصية هذا الطريقة وهي حفظ الزوايا ويتبعه تشابه المحيطات فالشكل
الصغير جدا المرسوم على سطح الكرة مسقطه بطريقة المنظور شكل مشابه له لكن في نظير ذلك
نسب السطوح متغيرة فبالقرب من مركز الخريطة مسقط طول ما هو خط أقل من نصفه وأما
في جهة أطرافها فان ذلك المسقط يكون مساويا للخط المسقط تقريبا ويتبع ذلك ان المساحتين
المتساويتين على الكرة مساقطهما على الخريطة مساويين يمكن أن تتغير من واحد الى أربعة
والمسقط بطريقة المنظور على مستوى جاني مستعمل على الخصوص للماء يوند الارضية

٣٥٩ - الانفراد الخروطي - ليكن $ق$ و $ق'$ هـ هـ (شكل ١٣٦) الخط الجاني



ش ١٣٦

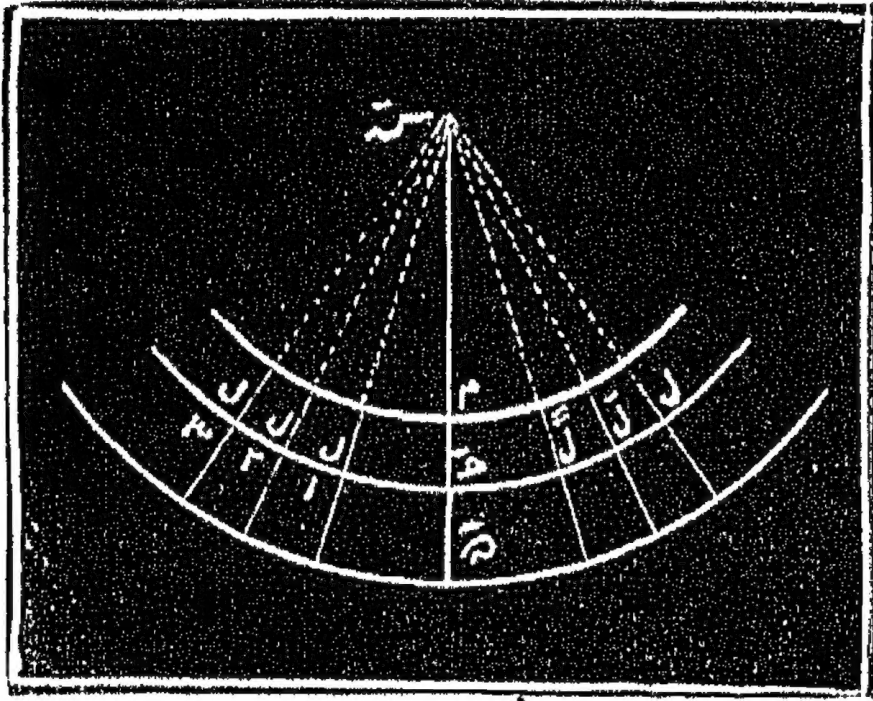
المتوسط أعني الموجود على بعدين متساويين من
الخطين الجانبيين المتطرفين من السطح المعتبر
وليكن كذلك هـ هـ خط الاستواء و $ق$ و $ق'$
القطبين وليكن الجزء المطلوب بيانه محصورا بين
العرضين هـ هـ و هـ هـ

فإذا رسم مخروط مماس للكرة في الموازي المتوسط
 $ح ح'$ فالمخروط الناقص م م' م' م' المحصور
بين مستويي الموازين ب ب' و آ آ' يختلف
قليلا عن المنطقة آ ب آ ب' مادام طول القوس
آ ب ليس ذا طول كبير وحينئذ يمكن بدون خطأ

محسوس تعويض سطح المخروط الناقص المقابل للانفراد ب سطح المنطقة غير المقابل له
وفي هذه الطريقة تكون الخطوط الجانبية مبنية برواسم مستقيمة والموازيات بأقواس من
دوائر

٣٦٠ - انشاء الخريطة - ليكن $ح ح'$ انطباق الموازي $ح ح'$ على مستوى
الخط الجاني $ق$ و $ق'$ هـ هـ (شكل ١٣٦) فتعين على هذا الانطباق نقطة ل التي فيها

يقطع الخط الجانبي المتطرف الموازي ح ح' والنقط ل' و ل' و ... التي تدل على
أوضاع خطوط جانبية أخرى يراد بيانها على الخريطة ثم يفرد بعد ذلك المخروط الناقص
م م' و ل' ويرسم من نقطة ما مثل س س' مركز (شكل ١٣٧) قوس نصف قطره
س ح' يساوي س ح (شكل ١٣٦) فهذا القوس يدل على الموازي المتوسط والموازيات



ش ١٣٧

الأخرى أقواس مركزها من مركز القوس
المذكور وانفرض رسم الموازيين
المتطرفين فقط فيكون س م' = س م و
س ح' = س ح فيؤخذ ح ل و ح ل'
كل منهما يساوي المقدار الحقيقي للقوس
ح ل وبواسطة س ل و س ل' يتحصل
على حدود الخريطة ثم بعد ذلك يمكن
تعيين خطوط جانبية أخرى بأخذ كل من

ح ل' و ح ل' و ح ل' يساوي المقدار الحقيقي للأقواس ح ل' و ح ل'
فإذا لزم أخذ خط الاستواء موازيا متوسط يؤول المخروط المماس إلى اسطوانة

٣٦١ - من أيا وعيوب طريقة الانفراد المخروطي - في الانفراد المخروطي تتقاطع
الخطوط الجانبية والموازيات على زاوية قائمة على الخريطة كما على الكرة الأرضية والسطوح
المجاورة للموازي المتوسط تكون قريبة من الضبط لكنها يعتريها تغيير يصير أكثر ظهورا
كلما ابتعدت عن الموازي المتوسط المذكور وبسبب هذا العيب قصر استعمال هذه الطريقة
على الحالة التي فيها البلدان المطلوب بيانها محصورة بين موازين متقاربين كثيرا

انتهى

بحمد الله وحسن توفيقه تم طبع هذا الكتاب الحسن المستطاب مصححا بمعرفة حضرة
مؤلفه بالمطبعة الكبرى الأميرية في ظل الحضرة الخديوية التوفيقية أدام الله غيوث انعامها
على الرعية وحفظ انجالها الكرام بعينه التي لا تنام وكان تمام طبعه وحسن وضعه

في أواخر شهر رمضان المعظم عام ١٣٠٧ من هجرة النبي صلى الله عليه وسلم

ملاح بدر تمام وفاح مسك ختام

صحيحة	خطبة الكتاب
٣	(الباب الاول في السماء)
٥	الفصل الاول في الكلام على الشرق والغرب والرأس والسمت والكرة السماوية والزوايا السمتية والسيودويات
٨	الفصل الثاني في الكلام على الحركة اليومية ومحور العالم ومستوى الزوال والبعده السمتي للقطب والآلة الاعتدالية
١٥	الفصل الثالث في المطالع المستقيمة والميل لنجمة والنظارة الزوايا والدائرة الحائطية
٢٠	الفصل الرابع في وصف السماء والصورة السماوية والنجوم المشهورة
	(الباب الثاني في الارض)
٢٧	الفصل الاول في الكلام على شكل الارض وانعزالها في الفراغ وكرويتها والمنطقة السماوية وارتفاع القطب
٣٢	الفصل الثاني في الكلام على الطول والعرض الجغرافيين وتعيينهما
٣٦	الفصل الثالث في تبسيط الارض وشكلها وابعادها
٤٣	الفصل الرابع في الحركة الدورانية للارض
	(الباب الثالث في الشمس والارض)
٥١	الفصل الاول في الكلام على الحركة السنوية الظاهرية
٥٤	الفصل الثاني في الكلام على القطر الظاهري للشمس والحركة النقصية
٦٠	الفصل الثالث في الكلام على قياس الزمن والسنة الانقلابية
٦٧	الفصل الرابع في الكلام على الحركة الحقيقية الانتقالية للارض حول الشمس
٧٠	الفصل الخامس في الكلام على تقدم الاعتدالين والسنة الانقلابية والسنة النجمية وانتقال القطبين السماويين والقبائل
٧٥	الفصل السادس في الكلام على الليل والنهار
٨٠	الفصل السابع في الكلام على الفصول الفلكية
٨٤	الفصل الثامن في الكلام على التقويم
	(الباب الرابع في الشمس)
٨٧	الفصل الاول في الكلام على شكل الشمس واختلاف المنظر وبعدها عن الارض والنسبة بين حجم الشمس والارض

(تابع فهرسة كتاب الاصول الوافية في علم القسموغرافية)

صفحة	
٩٢	الفصل الثاني في الكلام على كلف الشمس ودورانها حول نفسها (الباب الخامس في القمر)
٩٨	الفصل الاول في الكلام على أشكال القمر ودورته النجمية ودورته الاقترانية
١٠٢	الفصل الثاني في الكلام على مدار القمر وايضا على أشكاله
١٠٧	الفصل الثالث في الكلام على بعد القمر عن الارض وحجمه ومجسمه
١٠٨	الفصل الرابع في الكلام على كلف القمر والحركة الدورانية
١١٤	الفصل الخامس في الكلام على كسوف الشمس وخسوف القمر
١٢٢	الفصل السادس في الكلام على المد والجزر (الباب السادس في السيارات)
١٢٨	الفصل الاول في الكلام على المجموعة الشمسية
١٣٠	الفصل الثاني في الكلام على الحركات الخاصة للسيارات والوقوف والتقهر والسيارات العليا والسفلى
١٣٧	الفصل الثالث في الكلام على قوانين كبلر وقاعدة الجذب العام
١٤١	الفصل الرابع في الكلام على وصف السيارات الاصلية (الباب السابع في ذوات الاذنان والشهب والكرات النارية والحجارة الجوية)
١٥٣	الفصل الاول في الكلام على ذوات الاذنان والشهب
١٦٠	الفصل الثاني في الكلام على الشهب والكرات النارية والحجارة الجوية (الباب الثامن في النجوم الثابتة)
١٦٣	الفصل الاول في الكلام على اختلاف المنظر السنوي للنجوم والنجوم المتغيرة الدورية والوقسية والجديدة والنجوم المزدوجة والمضاعفة
١٦٨	الفصل الثاني في الكلام على القنوان والسدام
١٨٠	الفصل الثالث في الكلام على المزاويل والشواخص (خاتمة في الخريط الجغرافية)
١٨٥	فصل وحيد في الكلام على الكرات الصناعية والمساقط

